



CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA - UniCEUB

CURSO DE ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO

JOÃO BATISTA PEREIRA

MONITORAÇÃO DE TENSÃO EM EQUIPAMENTOS ALIMENTADOS POR BATERIA

Orientador(a): Prof^ª. M.C. Maria Marony Sousa Farias Nascimento

Brasília

Junho, 2011

JOÃO BATISTA PEREIRA

JOÃO BATISTA PEREIRA

**MONITORAÇÃO DE TENSÃO EM EQUIPAMENTOS ALIMENTADOS POR
BATERIA**

Trabalho apresentado ao Centro
Universitário de Brasília
(UniCEUB) como pré-requisito
para a obtenção de Certificado de
Conclusão de Curso de Engenharia
de Computação.

Orientador(a): Prof.(a) M.C. Maria
Marony Sousa Farias Nascimento

Este Trabalho foi julgado adequado para a obtenção do Título de Engenheiro de Computação,
e aprovado em sua forma final pela Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas -
FATECS.

Prof. Abiezer Amarilia Fernandez
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Profª. Maria Marony Sousa Farias - Mestre em Engenharia Elétrica
Orientadora

Prof. M.Sc José Julimá Bezerra Junior
Membro da Banca Examinadora

Prof. M.Sc. Francisco Javier de Obaldia Diaz
Membro da Banca Examinadora

.

Agradecimentos

Em primeiro lugar, a **Deus** que me permitiu chegar até aqui , nunca me deixando sozinho, tornando tudo possível. A Ele toda honra e toda glória.

À minha **família** pelo incentivo e compreensão.

Agradeço a professora Marony pela orientação.

*“Talvez não tenhamos conseguido fazer o melhor,
mas lutamos para que o melhor fosse feito...
Não somos o que deveríamos ser,
não somos o que iremos ser...
Mas graças a Deus, não
somos o que éramos”*

Martin Luther King

SUMÁRIO

SUMÁRIO.....	5
LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE QUADROS.....	8
LISTA DE ABREVIACÃO E SIGLAS.....	9
RESUMO	10
ABSTRAC.....	12
 CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	 12
1.1. Motivação	12
1.2. Objetivo	12
1.3. Visão Geral do Projeto	13
1.4. Escopo	14
CAPÍTULO 2 – REFERENCIAL TECNOLÓGICO	12
2.1. Bateria	12
2.1.1. Características Elétricas.....	18
2.1.2. Bateria de Chumbo Ácida.....	19
2.2. Condução da Corrente Elétrica	20
2.2.1. Fonte de Tensão	21
2.2.2. Corrente Elétrica	22
2.2.3. Potência	23
2.2.4. Lei de Ohm	24
2.3. Transformadores	25
2.3.1. Princípios Básicos	26
2.3.2. Transformadores Toroidal	27
2.4. Tiristor	28
2.4.1. SCR (<i>Silicon Controlled Rectifier</i> – Retificador Controlado de Silício)	28
2.5. Transistor MOSFET – Canal N	31
2.6. Fotoacoplador Óptico 4N25	32
2.7. Microcontrolador PIC 16F876.....	33
2.8. Conversor A/D	36
2.9. Display LCD	38
CAPÍTULO 3 - DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	39
3.1 Visão geral.....	39
3.2. Circuito Monitoração da Tensão	40
3.2.1 Segmento do comparador analógico	41
3.2.2 Sincronismo e reset do microcontrolador	42
3.2.3 Segmento de exibição de dados	42
3.2.4 Segmento de entrada de dados	44
3.2.5 Segmento do microcontrolador	44
3.3 Definição dos componentes	45
3.3.1. Transformador Toroidal Circular	45
3.3.2. Transistor tipo Mosfet-Canal N	46
3.3.3. Acoplador óptico 4N25	46
3.3.4. Capacitor eletrolítico	47
3.3.5. Capacitor cerâmico.....	47
3.3.6. Resistor de Filme Carbono	47
3.3.7. Led – Diodo emissor de luz	47
3.3.8. Clock do microcontrolador	47

3.4 Software de controle.....	48
3.5 Testes.....	58
CAPÍTULO 4 - CONCLUSÃO.....	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
APÊNDICE I – CÓDIGO FONTE DO SOFTWARE DO MICROCONTROLADOR.....	63

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. 1 - Esquema geral do projeto	13
Figura 3. 1 - Esquema da placa.....	39
Figura 3. 2 - Diagrama de blocos do projeto	40
Figura 3. 3 - Circuito completo de monitoração de tensão	41
Figura 2. 11 - Estrutura e símbolo do MOSFET de canal N	33
Figura 2. 12 - Estrutura do Fotoacoplado óptico 4N25.....	33
Figura 2. 13 - Chip PIC 18F876	36
Figura 2. 14 - Diagrama de Blocos do conversor A/D do PIC 16F876	38
Figura 2. 15 - Display com os valores a serem disponibilizados	39
Figura 3. 1 - Esquema da Placa	40
Figura 3. 2 - Diagrama de blocos do projeto	41
Figura 3. 3 - Circuito completo de monitoração de tensão	42
Figura 3. 4 - Diagrama de blocos do comparador analógico	43
Figura 3. 5 - Saída do comparador analógico.....	44
Figura 3. 6 - Segmento de exibição de dados.....	45
Figura 3. 7 - Segmento de entrada de dados	45
Figura 3. 8 - Pinagem do microcontrolador	46
Figura 3. 9 - Entrada primária e secundária	47
Figura 3. 10 - Diagrama de blocos do software	50
Figura 3. 11 - Cabeçalho do programa.....	51
Figura 3. 12 - Variáveis do programa	52
Figura 3. 13 - Variáveis do Programa e configuração do display	53
Figura 3. 14 - Leitura da tensão	54
Figura 3. 15 - Leitura da fonte de alimentação	55
Figura 3. 16 - Verificação do estado da bateria	55
Figura 3. 17 - Projeto Completo	56
Figura 3. 18 - Mensagem de apresentação	57
Figura 3. 19 - Mensagem de feedback	58

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 – Principais características das tecnologias de baterias	21
Quadro 2.2 – Explicativa sobre os valores do display	39

LISTA DE ABREVIACOES E SIGLAS

A – Ampr re (Corrente elétrica)

A/D – Analog/Digital (Analógico Digital)

BIT – Binary Digit

BPS – Bits Per Second

Conversor A/D – Conversor analógico

CMOS – Complementary Metal-Oxide Semiconductor (Semicondutor metal-Diodo Complementar)

GND – Pólo “terra” de um circuito elétrico

h – hora

Hz – Hertz (frequência)

k – Representação de 10^3

I – Corrente elétrica.

I/O – Input/Output (Entrada/Saída)

Mosfet – Transistor

V – Volts

W – Watts

RESUMO

Neste projeto é implementado um sistema de monitoração da tensão de bateria de equipamentos alimentados por essa fonte de energia. O objetivo principal deste projeto é disponibilizar uma leitura de fácil entendimento das condições da bateria, disponibilizando as informações em um display LCD. Desta forma, a verificação desta fonte de energia pode ser realizada em qualquer instante, sendo possível antever imprevistos. Para isto, é utilizado um microcontrolador PIC 16F876, programado em linguagem C e Assembler. A aplicação dos sinais é controlada pelo microcontrolador. O microcontrolador monitora as informações da fonte de alimentação utilizada, medindo sua corrente, tensão e a quantidade de carga existente na fonte no momento exato da conexão ao dispositivo pelo usuário.

Palavras chave: tensão, corrente, potência, circuito resistivo, microcontrolador Pic 16f876.

ABSTRACT

This project is implemented a system for monitoring the battery voltage equipment powered by this source of energy. The main objective of this project is to provide an easy understanding of the reading battery condition, the information available in an LCD display. Thus, verification of this energy source can be performed at any time, is expected to show unexpected. For this, we used a PIC 16F876 microcontroller, programmed in C and Assembler. The application of the signals is controlled by micronrolador. The microcontroller monitors the information from the power supply by measuring the current, voltage and amount of load on the existing source at the exact moment of connection to the device by the user.

.

Keywords: voltage, current, power, resistive circuit, Pic 16F876 microcontroller.

Este projeto consiste no desenvolvimento de um protótipo de um circuito de monitoração da tensão de equipamentos alimentado com bateria, controlado por um microcontrolador pic 16F876 , da família PIC. A variação da tensão da carga é mostrada pela através do display do dispositivo. Com esse circuito, pode-se verificar a corrente, tensão e a carga da fonte de alimentação.

O grande trunfo na utilização de bateria é sua mobilidade, flexibilidade, sendo portanto, fundamental conhecer-se a situação de carga sempre desejada.

1.1. Motivação

O homem contemporâneo encontra-se em estágio de quase ou total dependência da eletricidade. Sabe-se que seu uso e controle devem ser de maneira racional e eficaz, onde nos sistema de armazenamento móvel, geralmente não apresentam uma interface em tempo real de sua situação ou de seu entendimento. A motivação deste projeto surgiu a partir da idéia de se criar uma aplicação para verificar e monitorar a aplicação para as medidas de corrente/hora ou capacidade de carga. Como resultado deste projeto específico é apresentado um monitor eletrônico que mostra esses dados.

1.2. Objetivo

O objetivo deste trabalho é implementar um protótipo capaz de realizar a monitoração da corrente, tensão e carga de um fonte de alimentação, disponibilizando ao usuário fácil leitura da fonte de alimentação a ser monitorada. A bateria escolhida possui uma tensão de 12V. A Dessa forma, a variação da tensão da carga é visualizada num display LCD.

1.3. Visão Geral do Projeto

Este projeto é composto basicamente por dois segmentos: uma fonte de alimentação, um circuito de monitoração da tensão, todos gerenciados por um microcontrolador. Por meio do acionamento de botões são disponibilizadas as informações da bateria em um *display* de cristal líquido.

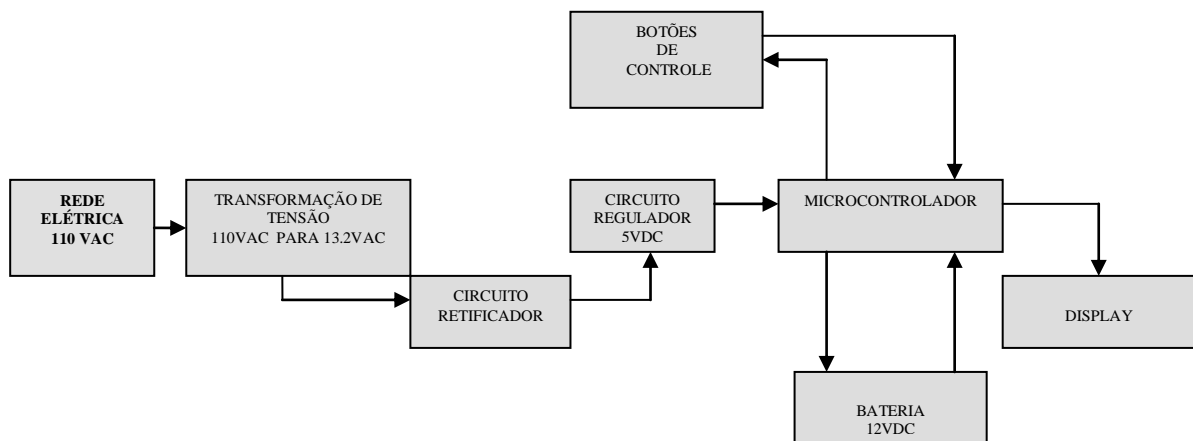


Figura 1.1 - Esquema geral do projeto

Conforme ilustrado na Figura 1.1, o circuito é conectado a uma bateria de 12 volts. Amostras desta tensão são utilizadas para o cálculo da corrente, tensão e potência. Por meio da análise destas amostras de tensão, o microcontrolador processa os cálculos através do programa gravado em sua memória, fornecendo os dados ao usuário em display de cristal líquido. Para alimentar os dispositivos do circuito, utiliza-se um transformador de entrada primária de 110 Volts e secundária de 13,2 Volts. O circuito possui uma fonte interna

responsável pela sua alimentação de 5 volts em corrente contínua. , Uma interface digital via acionamento de botão, proporcionará ao usuário um meio de visualizar o consumo de energia, permitindo que o consumo de energia possa ser otimizado, evitando imprevisto

1.4. Escopo

Este trabalho está subdividido em três capítulos.

O capítulo 2 aborda o referencial tecnológico do projeto, ou seja, os conceitos e definições mais importantes, tais como o funcionamento dos tipos da fonte de alimentação utilizados, os conceitos relevantes de eletrônica, entre outros assuntos pertinentes ao entendimento do projeto, embasado em pesquisas na literatura.

O capítulo 3 refere-se ao desenvolvimento do projeto. Neste capítulo é demonstrado o modo como o projeto foi implementado.

O capítulo 4 é o capítulo final. Nele são apresentados os resultados do projeto a conclusão, as barreiras enfrentadas e superadas e propostas de implementações futuras.

CAPÍTULO 2 – REFERENCIAL TECNOLÓGICO

2 Introdução

A indústria de baterias cresce a um ritmo exponencial desde início dos anos 90. Este crescimento é devido, principalmente, à utilização em massa de dispositivos eletrônicos portáteis operados à base de baterias, ao renovado interesse nos veículos elétricos e a outras aplicações emergentes que precisam de baterias de alto desempenho.

Atender o crescimento da demanda por baterias com parâmetros operacionais cada vez mais exigentes tem sido o desafio dos produtores nos últimos anos. Atualmente, os limites teóricos e práticos das distintas tecnologias de baterias são o principal obstáculo no objetivo de atender os novos requisitos operacionais.

Mesmo assim, avanços significativos têm acontecido e acontecem, principalmente, em duas frentes, no aperfeiçoamento das tecnologias convencionais já existentes e no desenvolvimento de novos sistemas de baterias. Por exemplo, a ênfase recente no aumento do desempenho das baterias primárias de dióxido de manganês, explicitamente no que diz ao seu desempenho em regime de alta corrente de descarga foi motivada pela necessidade das novas câmeras digitais e outros equipamentos eletrônicos. A primeira bateria deste tipo (denominada “Ultra” ou “Premium”), para alta descarga, foi colocada à venda pela primeira vez em 2000 e, em 2002, já detinha 25% do mercado deste tipo de baterias (Coelho, Kefas 2001).

2.1. Baterias

É apresentado uma visão geral sobre a diversidade das baterias de chumbo existentes. Este estudo será limitado a uma descrição mais prática, sem entrar detalhes no funcionamento eletroquímico, ou de equações químicas, de reações. Pela definição (Linden, D, 1995), baterias são dispositivos que convertem a energia química contida em seu material

ativo, diretamente em energia elétrica através de uma reação eletroquímica de óxido-redução, caracterizada pela transferência de elétrons a partir de um material reagente (ânodo), passando em um circuito elétrico (dispositivo alimentado pela bateria) e chegando a outro material reagente (cátodo).

Uma bateria é um elemento que armazena energia elétrica. Uma bateria não produz energia, somente a armazena. De acordo com a mudança na química interna de uma bateria, provocada por uma mudança na configuração do circuito externo, esta energia pode ser armazenada ou fornecida. Quanto aos tipos de baterias existentes, elas podem ser divididas de duas formas: pela aplicação (finalidade de utilização) e construção (como são constituídas).



Figura 2.1 – Vista interna e uma bateria ácido-condutora.

Fonte: <http://www2.eletronica.org/artigos>

As principais unidades de medida envolvidas na classificação de capacidade de uma bateria são:

- Energia Teórica: é o valor máximo que um dado sistema eletroquímico é capaz de prover, calculado em Wh (Watt-hora)
- Energia Específica: Esse valor define a capacidade eletroquímica que um determinado tipo de material possui, é media em Wh/l (Watt-Hora por litro).

- Capacidade Nominal: Média em miliampére-hora (mAh), é o valor utilizado para definir o tempo de vida de uma bateria. Será explicada com maiores detalhes posteriormente.

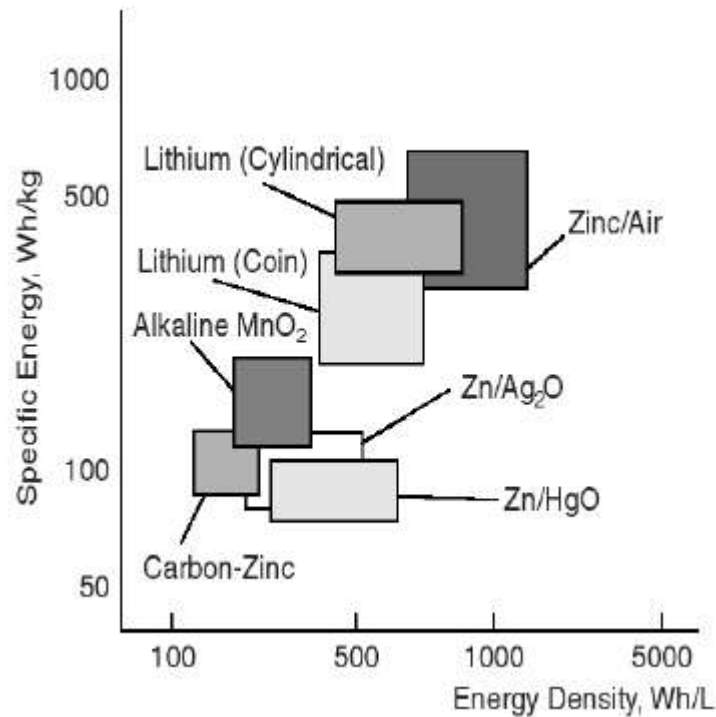


Figura 2.2: Comparação de densidades energéticas (Wh/l) de diferentes tipos de baterias
Fonte: Linden .D 1995

Diferentemente do que se costuma supor, as baterias não possuem a capacidade de esgotar todo o seu potencial energético. A figura 2.2, ilustra essa importante característica das baterias, apresentando as peculiaridades existentes para cada tipo de composto sendo abordado neste trabalho apenas a bateria de chumbo.

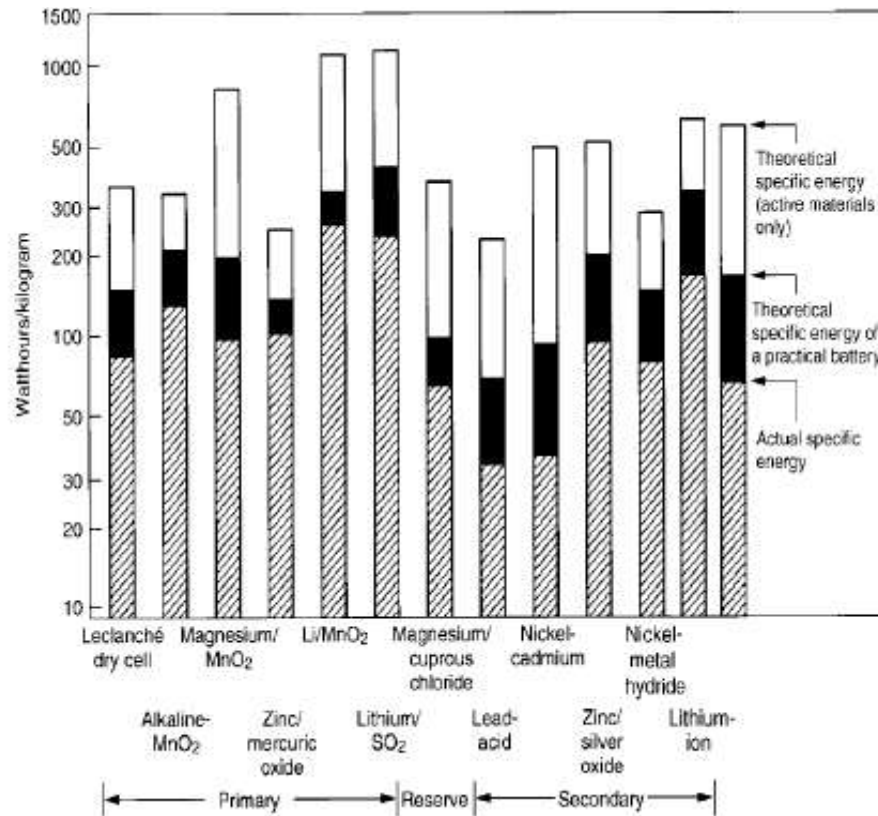


Figura 2.3: Energia teórica e energia real das baterias

Fonte: Linden D. ,1995

2.1.1 Características elétricas

Dentre as principais características elétricas de uma bateria pode-se citar a capacidade do fornecimento de corrente, ou capacidade da bateria, medida em ampères-hora e a tensão nos seus terminais. A variação dessas características conforme o uso ou a mudança de fatores externos são de grande importância na escolha do tipo de bateria mais adequado.

A busca pelo tipo de bateria mais adequado torna-se então uma questão de otimização: qual tecnologia possui a melhor combinação de desempenho, vida útil, custo, segurança adequada e mínimo impacto ambiental onde se avalia: maior potência, maior energia, ou maior vida útil, variando para cada aplicação.

2.1.2 Bateria de Chumbo-ácido

Mais de 90% dos veículos automotores utilizam bateria de chumbo-ácido. Inclusive os primeiros veículos elétricos concebidos pela General Motors, Ford e outras companhias também utilizavam baterias deste tipo. A simpatia por este tipo de bateria mostra-se com clareza na sua grande disponibilidade e baixo custo.

As baterias de chumbo-ácido têm sido fabricadas da mesma maneira há muitas décadas, e têm provado serem confiáveis e baratas para partida de motores de automóveis, iluminação e ignição. Na verdade, a invenção da partida elétrica de automóveis de motores a combustão em 1912, alimentada pela bateria de chumbo-ácido, foi fator decisivo do declínio da produção de automóveis movidos a bateria, que era de cerca de 50% em 1900.

As técnicas de fabricação de baterias de chumbo-ácido avançaram muito, e os principais componentes eletroquímicos (chumbo e ácido sulfúrico) são baratos. Até recentemente, no entanto, a produção dessas baterias foi otimizada de forma a se reduzir custo, em vez de aumentar desempenho, pois somente um módulo dessas baterias era necessário para a maior parte das aplicações.

O recente progresso no desempenho das baterias de chumbo-ácido deve-se muito às técnicas de controle estatístico de qualidade aplicadas de forma a se ter produtos de maior qualidade. No entanto, pequenas diferenças nas condições de operação tendem a amplificar qualquer diferença existente na fabricação, principalmente quando se tem muitas baterias conectadas em série.

Algumas desvantagens do uso de baterias de chumbo-ácido são a dificuldade de se determinar e manter precisamente o estado de carga. A durabilidade de uma bateria de chumbo-ácido depende muito da forma como ela é descarregada e da temperatura de

operação, o que traz muitos problemas na detecção do estado de carga ou carga ainda restante na bateria. Isto pode ser solucionado com o uso de sistemas de monitoração e controle sofisticados juntamente com algoritmos de recarga com diferentes etapas controladas (Coelho, Kefas 2001). Outra desvantagem da bateria de chumbo-ácido em relação às outras tecnologias de baterias é que elas possuem uma densidade de energia menor. Para aplicações onde se requer muita energia, como carros elétricos por exemplo, o volume de baterias de chumbo-ácido é muito grande, praticamente impraticável para essa aplicação como ilustra a tabela 2.1.

Quadro 2.1. Resumo das principais características das tecnologias de baterias apresentadas.

Sistema	Situação	Aspectos Técnicos	utilização	Vantagens	Desvantagens
Baterias de chumbo-ácido	Tecnologia madura	2,1 V 120 Ah/kg* 252 Wh/kg* 800 ciclos	VE Solar UPS	Custo Disponibilidade	Peso Densidade de energia
				Pouca manutenção não possui efeito memória	Prejudicial ao meio ambiente
				Capaz de fornecer altas cargas	Perda no controle da temperatura se a carga não for monitorada

2.2. Condução da corrente elétrica

A condução da corrente elétrica pode ocorrer de duas maneiras distintas: através dos elétrons (condução observada nos metais) ou através dos íons (condução eletrolítica). Em ambos os casos, a corrente é provocada por uma diferença de potencial (d.d.p.). Num metal, a condução é simples. O metal constitui um retículo cristalino, composto de íons, através do

qual os elétrons móveis circulam, formando uma nuvem eletrônica que se move ao acaso, de maneira desordenada. A d.d.p. que se estabelece entre dois pontos do metal orienta esse "caminhar", provocando um fluxo de elétrons por todo o metal. Esse fluxo ordenado é a chamada corrente elétrica. Além dos metais, pode haver corrente elétrica se tivermos íons que possam se movimentar. Os compostos iônicos conduzem a corrente elétrica quando fundidos, pois nessa situação os íons têm a mobilidade necessária para se dirigirem aos pólos para os quais são atraídos.. A presença destes íons permite que a solução conduza a corrente elétrica. Existe um fluxo de íons positivos e um fluxo de íons negativos, dirigindo-se, respectivamente, para os pólos negativo e positivo.

2.2.1 Fonte de tensão

Para produzir uma tensão (ou fornecer a energia necessária para criar uma diferença de potencial é comum o uso de fontes de tensão. As principais fontes de tensão são os dispositivos de conversão química de energia (pilhas e baterias), os conversores eletromecânicos (geradores elétricos) e a fonte de tensão regulada, que é um equipamento constituído de dispositivos eletrônicos semicondutores. A capacidade de uma bateria é a medida da quantidade de carga elétrica, expressa em ampére-hora (A-h), obtida durante um ensaio de descarga com corrente constante, durante um tempo t do regime de descarga, referido à temperatura de 25°C, até a tensão final de descarga por elemento. Deste modo, a capacidade é o produto da corrente em ampéres pelo tempo em horas, corrigido para a temperatura de referência, fornecida pela bateria em determinado regime de descarga. A figura 2.4 ilustra de forma gráfica a fonte de tensão ideal e a real.

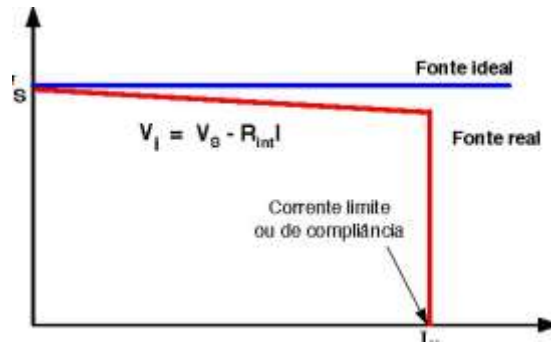


Figura 2.4 Curvas características de fontes de tensão ideal e real.
 Fonte: www.demar.eel.usp.br/eletronica/aulas/

2.2.2 Corrente Elétrica

O movimento de carga elétrica é chamado corrente, denotado pela letra I quando for uma corrente constante e pela letra i quando se tratar de corrente variável no tempo. Em análise de circuitos, é usual a definição na forma diferencial da corrente elétrica, representando a corrente instantânea, conforme apresentado em (Johnson, Hilburn, & Johnny, 1994, p. 5) e na Equação (2.1):

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (2.1)$$

na qual q é a carga elétrica que circula por unidade de tempo t . Por convenção unidade de corrente é o ampére (A), que equivale à passagem de 1 coulomb/segundo (C/s). O sentido convencional da corrente é o sentido do movimento de cargas positivas. No caso de elétrons, que possuem carga negativa, o sentido convencional da corrente é com sinal oposto (-) ao sentido do movimento de elétrons livres, responsáveis pelo transporte de carga elétrica em materiais condutores, ilustrado na figura 2.5.



Figura 2.5 – Diagrama ilustrando o sentido da corrente convencional (+) contrário ao sentido da corrente de elétrons livres (-).

Fonte: www.demar.eel.usp.br/eletronica/aulas/

2.2.3 Potência

Potência é a energia aplicada por segundo em qualquer atividade.

Em eletricidade, a potência é o produto da tensão pela corrente, equação (2.2).

Onde:

$$\epsilon = \frac{dE}{dq} \text{ ou } dE = \epsilon dq \quad (2.2)$$

sendo:

- ϵ = Força eletromotriz em volts.
- dE = Variação de energia.
- dq = Variação da carga.

Em relação ao tempo, dt , tem-se equação (2.3):

$$\frac{dE}{dt} = \epsilon \frac{dq}{dt} \quad (2.3)$$

$$\text{Dada pela equação ou } P = \epsilon i \quad \text{para fins práticos, } P = UI \quad (2.4)$$

ou seja equação (2.5), $P = \frac{\text{Joule}}{\text{Coulumb}} \times \frac{\text{Coulumb}}{\text{segundo}} = \frac{\text{Joule}}{\text{segundo}} = \text{watt}$ (2.5)

P é medido em watts, como mostra a equação (2.6) e (2.7) a equação da potência então:

$$\text{watt} = \text{volts} \times \text{ampère} \quad (2.6)$$

$$P = VI \quad (2.7)$$

Como a unidade watt é, muitas vezes, pequena para exprimir os valores de um circuito, usamos watt (W)

Como $U = RI$, substituindo temos:

$$P = RI^2 \quad (2.8)$$

Ou seja, a potência é o produto da resistência pelo quadrado da corrente dada pela equação (2.8).

Então a energia é a potência realizada ao longo do tempo podendo ser calculada pela equação (2.9):

$$E = U \times I \times \text{hora} \quad (2.9)$$

Pode-se dizer que o watt-hora é a unidade que exprime usando a equação (2.10) o consumo de energia elétrica na fonte de alimentação.

$$V = RI \quad (2.10)$$

2.2.4 Lei de Ohm

A lei de Ohm é uma relação constitutiva que relaciona a tensão sobre um elemento de circuito com a corrente que o atravessa, na forma:

$$R = V/I \quad (2.11)$$

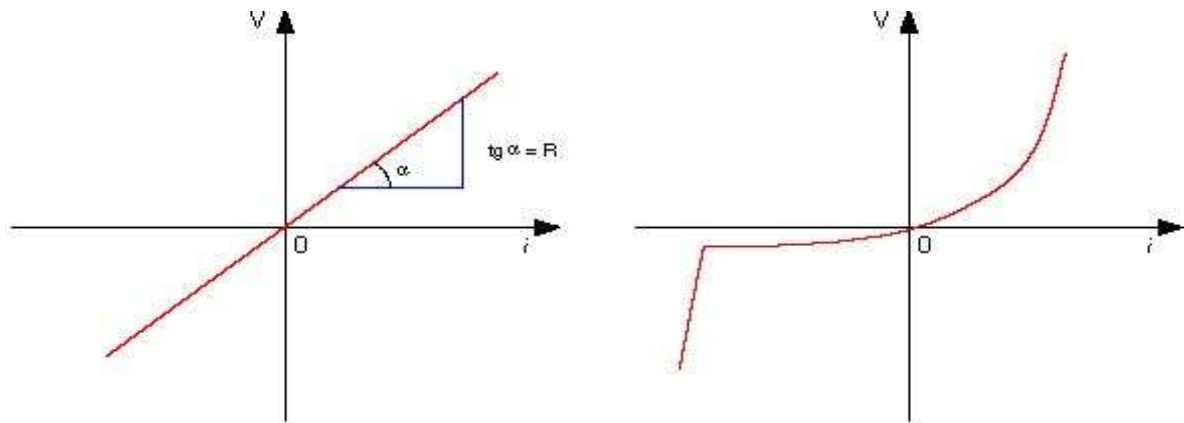


Figura 2.6– Curva característica V-I para um (a) resistor linear e (b) resistor não-linear.
 Fonte: www.demar.eel.usp.br/eletronica/aulas/

O coeficiente de proporcionalidade é a resistência elétrica R . Para um resistor linear, a curva tensão • corrente é uma reta, cuja inclinação representa o valor da resistência. A figura 2.6 mostra a curva VI para um resistor linear e para um resistor não-linear.

2.3. Transformadores

Os transformadores são utilizados num conjunto muito variado de aplicações de processamento de informação e de energia. Dentre estas destacam-se a elevação e a redução da tensão ou do número de fases em redes de transporte e distribuição de energia elétrica, a redução da tensão e da corrente em instrumentos de medida, a adaptação de impedâncias e a sintonia de filtros RLC em aplicações áudio, de rádio frequência e de frequência intermédia, o armazenamento de energia em conversores d.c.-d.c.

2.3.1 Princípios Básicos

O transformador é baseado em dois princípios: primeiro passo a corrente elétrica pode produzir a campo magnético (eletromagnetismo) e o segunda isso um campo magnético em mudança dentro de uma bobina do fio induz uma tensão através das extremidades da bobina (indução eletromagnética). Mudando a corrente na bobina preliminar, muda a força de seu campo magnético; desde que o campo magnético em mudança estende na bobina secundária, uma tensão é induzida através do secundário (Madeiros Filho 1997) .

2.3.2 Transformadores Toroidal

Um transformador toroidal funciona baseado nos mesmos princípios de outro transformador com núcleo laminado comum, porém com diferenciais que o tornam superior. A palavra toroidal refere-se à forma geométrica do núcleo, no caso, redondo e semelhante a um anel. Podemos considerar o núcleo como o coração do transformador. Ele pode ser constituído por diversos materiais magnéticos, desde uma fita muito fina de aço silício com grão orientado (G.O. - especial), até materiais advindos da nanotecnologia. Isso resulta em uma imensa gama de produtos que podem se beneficiar das potencialidades deste tipo de transformador.

O transformador toroidal utiliza um núcleo em forma de anel, formado por faixas de metal laminado firmemente unidas. Os enrolamentos são feitos diretamente sobre o núcleo , dispensando fôrmas (carretel) e cobrindo toda a superfície. Isto tende a melhorar consideravelmente a dissipação de calor e, graças ao formato circular, ocorre uma ótima concentração do fluxo magnético, reduzindo assim os campos espúrios.

Além disso, ele requer fio de cobre em menor quantidade que o transformador comum, reduzindo a resistência ôhmica e a chance de sobre aquecimento.

A confecção do núcleo também difere bastante do convencional. Ele forma um anel completo, sem entre ferros, sendo feito com tiras de aço laminado de alta qualidade, que são empilhados e depois compactadas e enroladas. As duas extremidades são soldadas uma a outra, para evitar que a estrutura se desenrole. É evidente, portanto, o trabalho e a técnica que isto envolve, e sua influência no preço final do transformador.

Esse tipo de estrutura ajuda-o a concentrar as linhas de fluxo magnético no núcleo, apresentando perdas mínimas. Outra vantagem é a operação silenciosa; de fato, graças às lâminas perfeitamente compactadas e totalmente envolvidas pelos enrolamentos.

Quanto aos aspectos mecânicos, os transformadores convencionais costumam ser de 2 a 3 vezes maiores e mais pesados que os toroidais correspondentes. As perdas no ferro também são razoavelmente menores e a ausência quase total de campos espúrios reduz o risco de surgirem ruídos indesejáveis em fontes de alimentação. A figura 2.7 mostra o transformador toroidal.



Figura 2.7 Transformador Toroidal
Fonte: Pereira 2011

2.4. Tiristor

Tiristores são dispositivos bi-estáveis que possuem três ou mais junções e que podem mudar de estado condutor para estado não-condutor quando a corrente ou tensão é alterada sobre o dispositivo. Basicamente são aplicados no chaveamento de corrente em circuitos de corrente alternada. Como exemplo de tiristores pode-se citar o SCR e o TRIAC. O que é abordado neste projeto é o modelo BT138.

2.4.1. SCR (*Silicon Controlled Rectifier* – Retificador Controlado de Silício)

O SCR, ou retificador controlado de silício, é um dispositivo semicondutor formado por três junções de camadas de silício internas, PNP, conforme ilustra a Figura 2.8. Sua função é atuar como um dispositivo chaveador não-mecânico de corrente. Desta forma, a tensão aplicada a uma carga por meio de um SCR é controlada pela frequência que a chave é ligada ou desligada, podendo com isso acontecer milhares de vezes por segundo, dependendo das especificações do dispositivo.

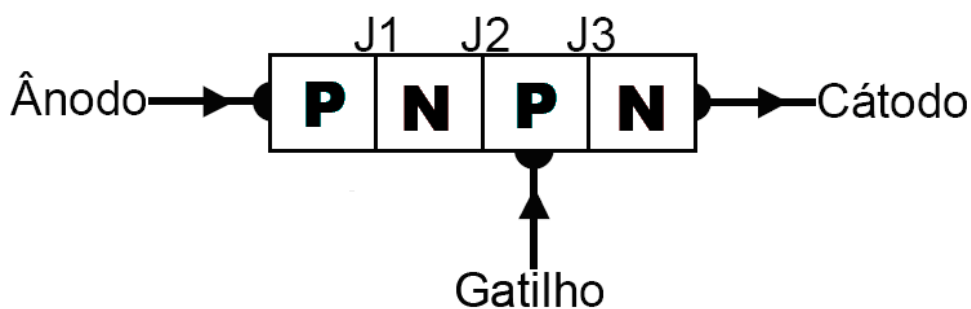


Figura 2. 8 - Estrutura interna de um SCR
Fonte: <http://www2.eletronica.org/artigos>

A estrutura interna de um SCR é bem similar a de um diodo, porém sua funcionalidade pode ser mais bem explicada se comparada ao funcionamento de dois transistores, PNP e

NPN, em conjunto. A figura 2.9 ilustra o arranjo de dois transistores funcionalmente como um SCR.

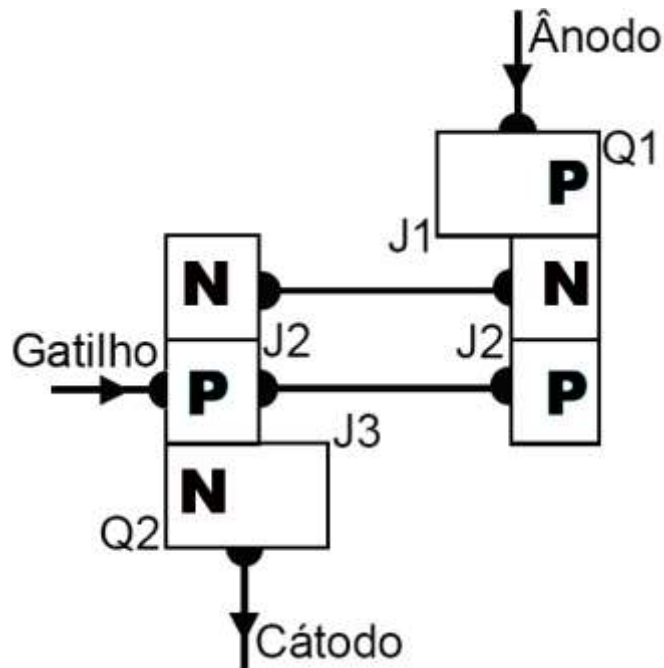


Figura 2. 9 - SCR comparado a dois transistores
Fonte: <http://www2.eletronica.org/artigos>

Na Figura 2.10 é mostrado um transistor atuando como um SCR. Na parte superior é encontrado o ânodo. Na parte inferior nota-se o cátodo. O gatilho está na camada positiva do transistor NPN e Q1 e Q2 são os próprios transistores.

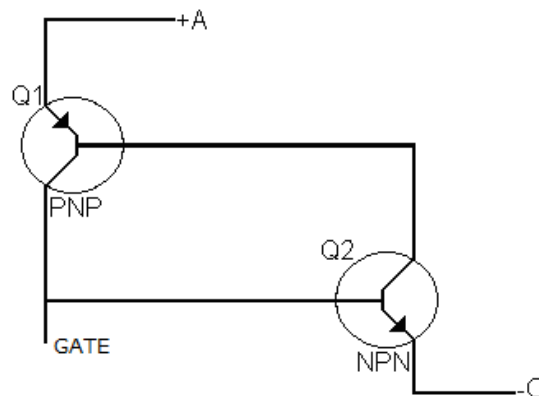


Figura 2.10 - Transistores PNP e NPN
Fonte: <http://www2.eletronica.org/artigos>

Para que o SCR seja disparado e comece a conduzir, deve existir um sinal de corrente no gatilho para o cátodo quando estiver polarizado diretamente, ou seja, quando a tensão no ânodo é maior que a tensão no cátodo. Esta corrente, normalmente, é um pulso aplicado a fim de efetuar este disparo. Se esta corrente aplicada no gatilho for suficiente para disparar o dispositivo, o SCR entrará em modo de condução. Para que esta condução se efetive, a corrente aplicada ao gatilho do SCR deve ser suficiente para que o dispositivo conduza uma corrente mínima, a corrente de retenção. Caso o disparo seja efetuado e seja também suficiente para gerar a corrente mínima para que o dispositivo possa conduzir corrente, esta deve permanecer maior do que a corrente de manutenção, que é o menor valor de corrente necessária para que as barreiras de potencial internas do dispositivo não se formem, impedindo assim a condução (Maciel, Fernando. 2010).

O SCR conduzirá enquanto existir corrente entre o ânodo e o cátodo, cortando este fluxo apenas se a corrente for praticamente nula ou se a tensão for zero em um determinado momento. Por este motivo é chamado de chave de retenção, pois uma vez em condução permanece neste estado até que a corrente seja menor que a corrente de manutenção. Quando polarizado reversamente, o SCR atua como um diodo, não permitindo a passagem de corrente mesmo se forem efetuados pulsos em seu gatilho.

Existe ainda outro meio de um SCR entrar em modo de condução. Se aplicada a chamada tensão de ruptura, ou tensão de *breakover*, o dispositivo passará a conduzir. Este tipo de condução pode danificar o dispositivo. Tensões muito próximas à tensão de *breakover* devem ser evitadas. Esta tensão é informada pelo fabricante do SCR.

Em circuitos de corrente alternada, ao final de cada semi-ciclo de tensão o SCR será cortado, parando assim de conduzir, pois a corrente chegará a zero. Para que a condução não cesse, é necessário que disparos sejam efetuados no gatilho do SCR toda vez que a

corrente ou tensão chegarem à zero, lembrando que o SCR conduzirá corrente apenas em meio ciclo de tensão.

2.5. Transistor MOSFET – Canal N

O transistor bipolar é um dispositivo de corrente controlada e, necessita de corrente de base para manter a corrente de coletor I_C . Desde que I_C depende de I_B , o ganho β torna-se altamente dependente da temperatura da junção do transistor.

A figura 2.11 ilustra o transistor de potência MOSFET de Canal N, que é um dispositivo de tensão controlada e, necessita apenas de uma pequena corrente de entrada. A velocidade de chaveamento é muito alta (nanossegundos). MOSFET's de potência são utilizados em conversores de baixa potência e alta frequência. Estes transistores apresentam problemas de descargas eletrostáticas, necessitando de cuidados especiais.

Os MOSFET's podem ser divididos em dois tipos :

- a) - MOSFET de Depleção;
- b) - MOSFET de Intensificação.

O MOSFET de Depleção pode ser de canal n ou p. O canal n é formado por um substrato de silício tipo p, com duas regiões altamente dopadas de silício tipo n⁺ com baixa resistência de conexão. O gate é isolado do canal n por uma fina camada de Óxido de Silício. Os três terminais são : gate (G); dreno (D) e fonte (S) . O substrato é normalmente ligado à fonte (S). A tensão entre gate e fonte (V_{GS}) pode ser, também, positiva ou negativa..

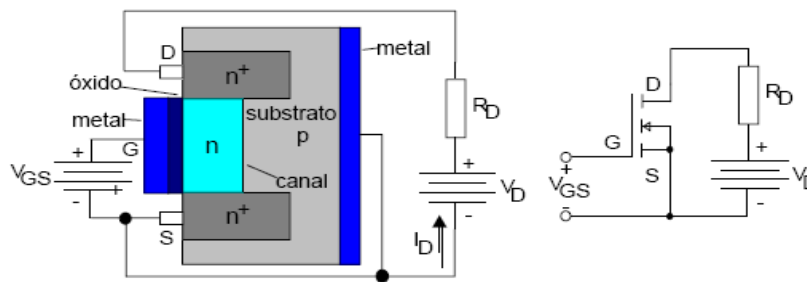


Figura 2.11: Estrutura e símbolo do MOSFET de canal N.

Fonte: <http://www2.eletronica.org/artigos>

2.6. Fotoacoplador Óptico 4N25

Acopladores ópticos são componentes que possibilitam a transferência de um sinal de controle ou mesmo de um sinal que carrega uma informação, de um circuito para outro, sem a necessidade de acoplamento elétrico. O sinal é transferido por um feixe de luz produzido por um emissor LED e recebido por um sensor, que pode ir desde um foto-diodo até um foto-diac. Como não existe contato entre os dois componentes, o isolamento entre os dois componentes é teoricamente infinito. Na prática, há um limite na tensão máxima que pode haver entre os dois elementos sem que haja centelhamento, tipicamente variando entre 2000 e 7000V. Na Figura 2.12 ilustra o aspecto, a estrutura interna e o símbolo usado para o tipo mais comum, o 4N25, o qual faz uso de um LED emissor de infravermelho e um foto-transistor bipolar como sensor.

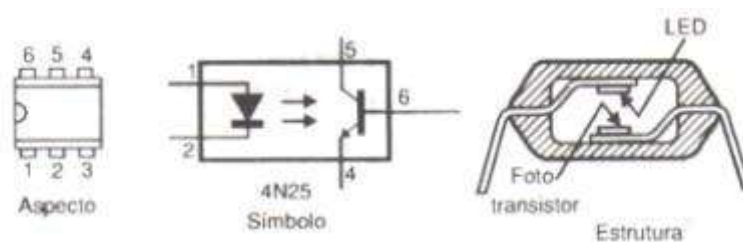


Figura 2.12: Estrutura do Fotoacoplado óptico 4N25

Fonte: <http://www2.eletronica.org/artigos>

2.7. Microcontrolador PIC 16F876

O microcontrolador, também chamado de microcomputador de um só chip, apresenta um processador, pinos de entrada/saída e memória. Através da programação dos microcontroladores pode-se controlar suas saídas, tendo como referência as entradas ou um programa interno. O microcontrolador possui diversas funções e aplicabilidades devido a melhoria na produção e ao baixo custo, por isso são usados em diversos sistemas.

Segundo Souza (2003), os microcontroladores são circuitos, onde todos os componentes necessários à execução de seus processos são interligados no mesmo chip, podendo assim serem empregados em diversas aplicações eletrônicas.

O que diferencia os microprocessadores é a quantidade de memória interna, a velocidade de processamento, a quantidade de pinos de I/O, a forma de alimentação, os tipos e as quantidades de periféricos, a arquitetura e o conjunto de instruções disponibilizado nos circuitos internos (Silva Júnior, 1998, p. 15).

O PIC é um circuito integrado produzido pela Microchip Technology Inc., que pertence à categoria dos microcontroladores, ou seja, um componente integrado que em um único dispositivo contém todos os circuitos necessários para realizar um circuito integrado, TTL ou CMOS normal, mas internamente dispõe de todos os dispositivos típicos de um sistema microprocessador, ou seja: uma CPU (Central Processor Unit ou Unidade de Processamento Central) e sua finalidade é interpretar as instruções de programa; uma memória PROM (*Programmable Read Only Memory* ou Memória Programável Somente para Leitura) na qual irá memorizar de maneira permanente as instruções do programa, uma memória RAM (*Random Access Memory* ou Memória de Acesso Aleatório) utilizada para memorizar as variáveis utilizadas pelo programa; uma série de LINHAS de I/O (entrada e saída) para controlar dispositivos externos ou receber pulsos de sensores, chaves e uma série

de dispositivos auxiliares ao funcionamento, ou seja, gerador de clock, contador, bus, etc. A presença de todos estes dispositivos em um espaço pequeno, fornece uma vantagem em relação a usar um sistema microprocessador, onde seria pouco provável fazer em um circuito tradicional.

O PIC está disponível em uma ampla gama de modelos para melhor adaptar-se as exigências de projetos específicos, diferenciando-se pelo número de linha de I/O e pelo conteúdo do dispositivo.

O PIC pode ser programado para controlar um dispositivo eletromecânico, realizar medições, exibir informações em um display, ou piscar luzes. O PIC é facilmente encontrado e seu custo é baixo.

O modelo utilizado no projeto foi o PIC 16F876, que é um modelo de microcontrolador PIC da família de 16 bits de núcleo de processamento, apesar de ainda lidar com dados de 8 bits. A vantagem é que esses PIC possuem mais instruções em código de máquina que é otimizada para ser usada com compiladores de linguagem C e memória linear. A sua velocidade de processamento também é maior, na maioria até 10 MIPS (a 40 MHz de clock) com alimentação entre 2 e 5,5V. O seu encapsulamento DIP (Dual In Line Package) consiste em 28 pinos. Esse modelo possui 32 Kbytes (16k instruções) de memória de programa flash, 1536 bytes de memória RAM e 256 bytes de memória eeprom (Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory). Os principais periféricos internos são:

- a) apresenta cinco portas de I/O;
- b) frequência de operação de 4 MHz a 20 MHz;
- c) apresenta três temporizadores/contadores;
- d) comunicação serial do tipo USART;
- e) comunicação paralela PSP;

- f) módulo conversor A/D com 8 entradas e resolução máxima de 10 bits;
- g) memória de programa de 8K bytes e de dados (RAM) de 368 bytes;
- h) memória de dados EEPROM de 256 bytes;
- i) conjunto de instruções com 35 instruções;
- j) pilha com 8 níveis;
- k) três modos de endereçamento, direto, indireto e relativo;
- l) apresenta 13 interrupções;
- m) barramento de dados de 8 bits;
- n) barramento de endereço de 14 bits.

O PIC 16f876, como mostra a figura 2.12 é o modelo de uso geral da família 16F de microcontroladores PIC.

Esse tipo de microcontrolador é vantajoso porque apresenta pequeno tamanho físico, facilidade de programação e de manuseio, baixo consumo, além da flexibilidade (Silva Júnior, 1998, p. 13).

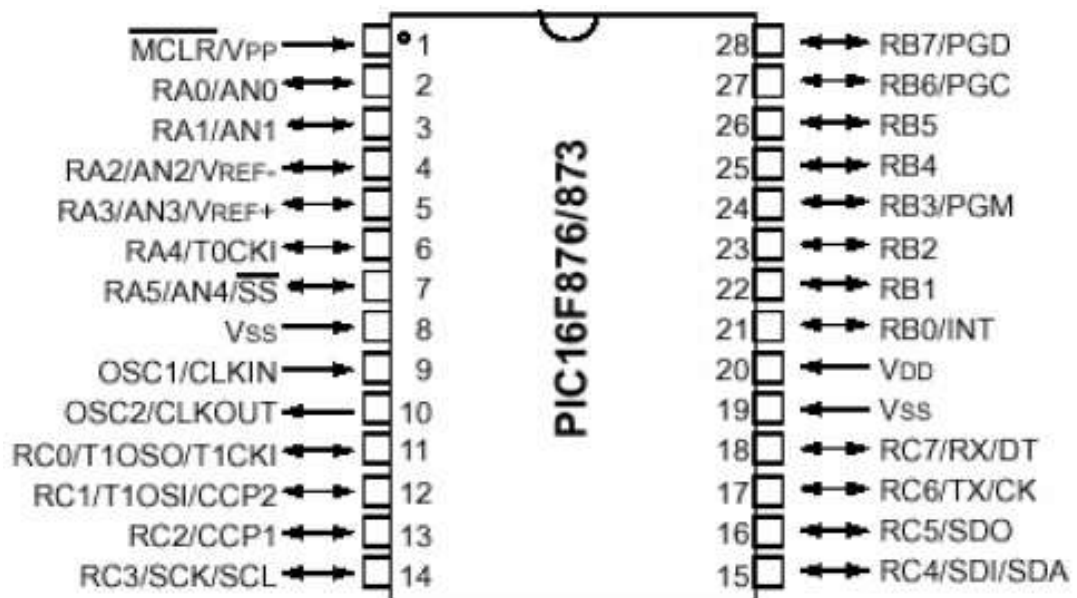


Figura 2.13 Chip PIC 18F876 (MICROCHIP, 2002),

Quanto aos periféricos contemplados por este microcontrolador, os que são importantes para a efetivação do projeto são: conversor A/D, pinos de I/O, uso de clock externo e o uso comunicação serial.

2.8. Conversor A/D

Para ser tratado digitalmente o sinal de tensão elétrica exige sua transformação, ou seja sua conversão em sinal digital. A conversão A/D é efetuada internamente no microcontrolador.

O conversor A/D tem uma limitação (em bits) quanto à resolução do seu conversor A/D de 10 bits a resolução é como mostra a equação 2.12 (SOUZA e LAVINIA, 2005).

$$resolução = \frac{V_{ref}}{2^n} \quad (2.12)$$

Em que V_{ref} é a tensão referência e n o número de bits do Conversor A/D.

Uma parcela do valor da tensão analógica a ser convertida é simbolizada por cada um dos n bits que formam o dado digital, de tal forma que a soma de todas as contribuições de cada um dos n bits forma a tensão de entrada do conversor A/D. Portanto, a parcela de tensão proporcional ao bit m do conversor A/D é dada pela equação 2.13 (Mecatrônica Fácil, Ed. nr.19) :

$$V_{entrada} = \frac{b_m \times 2^{(m-1)}}{2^n} \times V_{ref} \quad (2.13)$$

Onde b_m é o valor do bit m , ou seja, zero ou um.

É importante salientar os recursos do PIC 18F876, as características do conversor A/D são:

- Conversor de 10 bits;

- Até cinco canais de conversão;
- Quatro tipos de referência: Vdd (interna), Vss (interna), Vref+(externa), Vref – (externa);
- Frequência de conversão baseada no clock da máquina ou em Resistor;
- Três ajustes de frequência (divisores) para uso do clock de máquina;

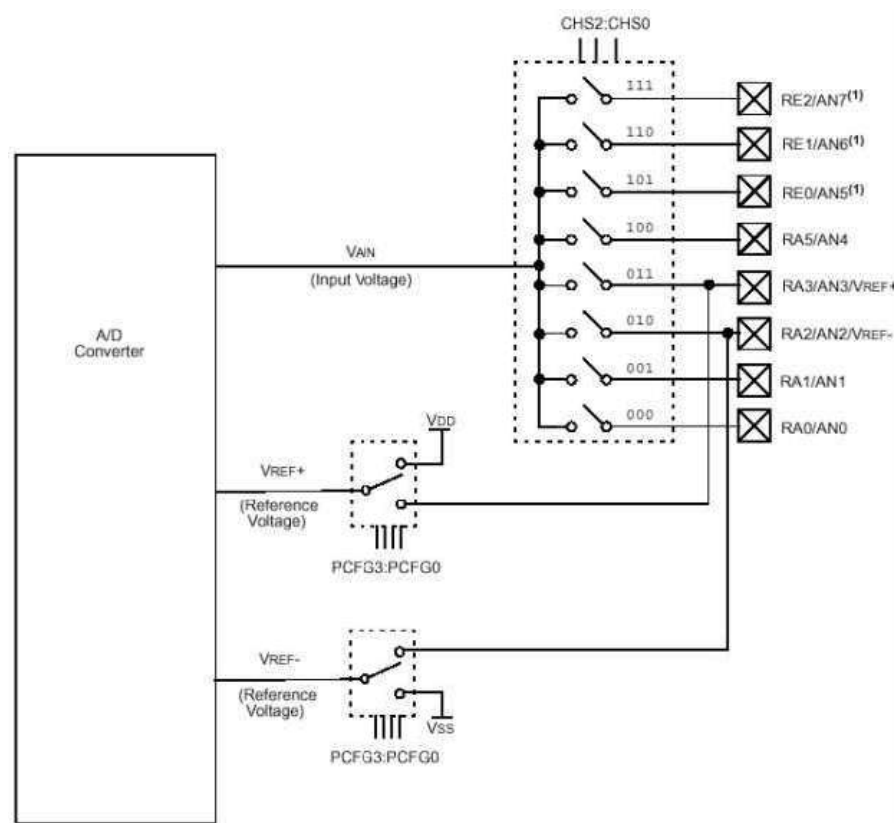


Figura 2.14 Diagrama de Blocos do conversor A/D do PIC 16F876 (MICROCHIP, 2002)

A figura 2.14 ilustra o diagrama do conversor digital. O tempo de conversão que o microcontrolador leva para concluí-la é um fator de extrema importância. Um *clock* deve ser aplicado ao sistema de conversão para que ele funcione corretamente. Cada período de *clock* é chamado de T_{ad} e é equivalente ao tempo de conversão de 1 bit. O tempo total para conversão de 10 bits, portanto, é $10T_{ad} + 2T_{ad}$, onde a soma de $+2T_{ad}$ ocorre para que o sistema adeque o início da conversão.

2.9 Display LCD

O LCD (Liquid Cristal Display) é o componente responsável pela visualização dos dados, através do acionamento do botão de verificação de carga.

O display utilizado neste protótipo será de 2 linhas e 16 colunas, devido sua melhor aplicação no padrão utilizado neste projeto. O display neste protótipo tem como função principal a visualização dos dados da bateria de forma instantânea.

Os dados essenciais ao protótipo como a amostragem da tensão, corrente e potência em percentual através dos calculo feito pelo programa gravado no microcontrolador. sendo estes para fins meramente didáticos e comprobatórios de funcionamento do circuito. Na figura 2.15 é possível à observar estes parâmetro conforme quadro 2.2.



Figura 2.15 - Display com os valores a serem disponibilizados.

Fonte: Pereira 2011

Quadro 2.2 explicativa sobre os valores do display

Valores	Descrição
A	Tensão da fonte de alimentação
B	Corrente da fonte de alimentação
C	Potência em percentual do estado da fonte de alimentação

CAPÍTULO 3 - DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Neste capítulo é abordada a forma de implementação do circuito proposto, a relação entre os dispositivos utilizados, os testes realizados e o desenvolvimento da programação do microcontrolador, responsável por todo o controle lógico e monitoração da tensão.

3.1 Visão geral

Para o desenvolvimento do projeto do circuito de monitoração de tensão de equipamentos alimentado com baterias, foi utilizada uma placa de fenolite perfurada em ilhas. A figura 3.1 ilustra a placa do circuito.



Figura 3. 1 - Esquema da placa
Fonte: Pereira 2011

Para o desenvolvimento e implementação do circuito, foi utilizado um microcontrolador PIC 16F876A, 1 dissipador de calor, 1 transistor tipo Mosfet-Canal N, 1 acoplador otico 4n25, capacitor eletrolítico, diodo IN4007, relé duplo reversível, capacitor cerâmico, resistor, porta ProG. ISP, 4 led, 1 cristal oscilador, buzzer e um display de cristal líquido, além de componentes eletrônicos auxiliares.

Para o controle lógico da tensão, foi utilizada a linguagem de programação C, com o código-fonte gravado no microcontrolador utilizando-se gravadora de PIC ISP via USB. A figura 3.2 ilustra o diagrama de blocos simplificado do projeto, à entrada de dados é feita com acionamento de um botão, com a bateria conectada ao circuito. O diagrama de blocos do software desenvolvido é mostrado na figura 3.2.

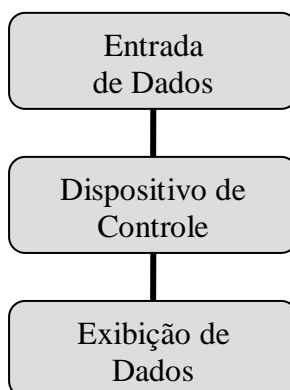


Figura 3. 2 - Diagrama de blocos do projeto

3.2. Circuito de Monitoração da Tensão

A figura 3.3 ilustra o circuito desenvolvido por completo. Para efeitos didáticos a explicação certa parte será segmentada, cada parte imprescindível para o bom entendimento do desenvolvimento do projeto. O CI PIC16F876, controla os pulsos enviado pela porta paralela A0, A1, C0. Dos pino 2 ao 7 qualquer um deles pode ser utilizado, visto que estes pinos são os responsáveis por fazerem a transmissão de analógica. Os reguladores de tensão tem por principio reduzir os valores da tensão CC. Eles executam essa operação as custa de dissipação térmica. No projeto o LM 7812, 18,7 Vac e transforma em 12Vac e o LM 7805, recebe 12Vac e transforma em 5Vac que é a tensão de alimentação do microcontrolador.

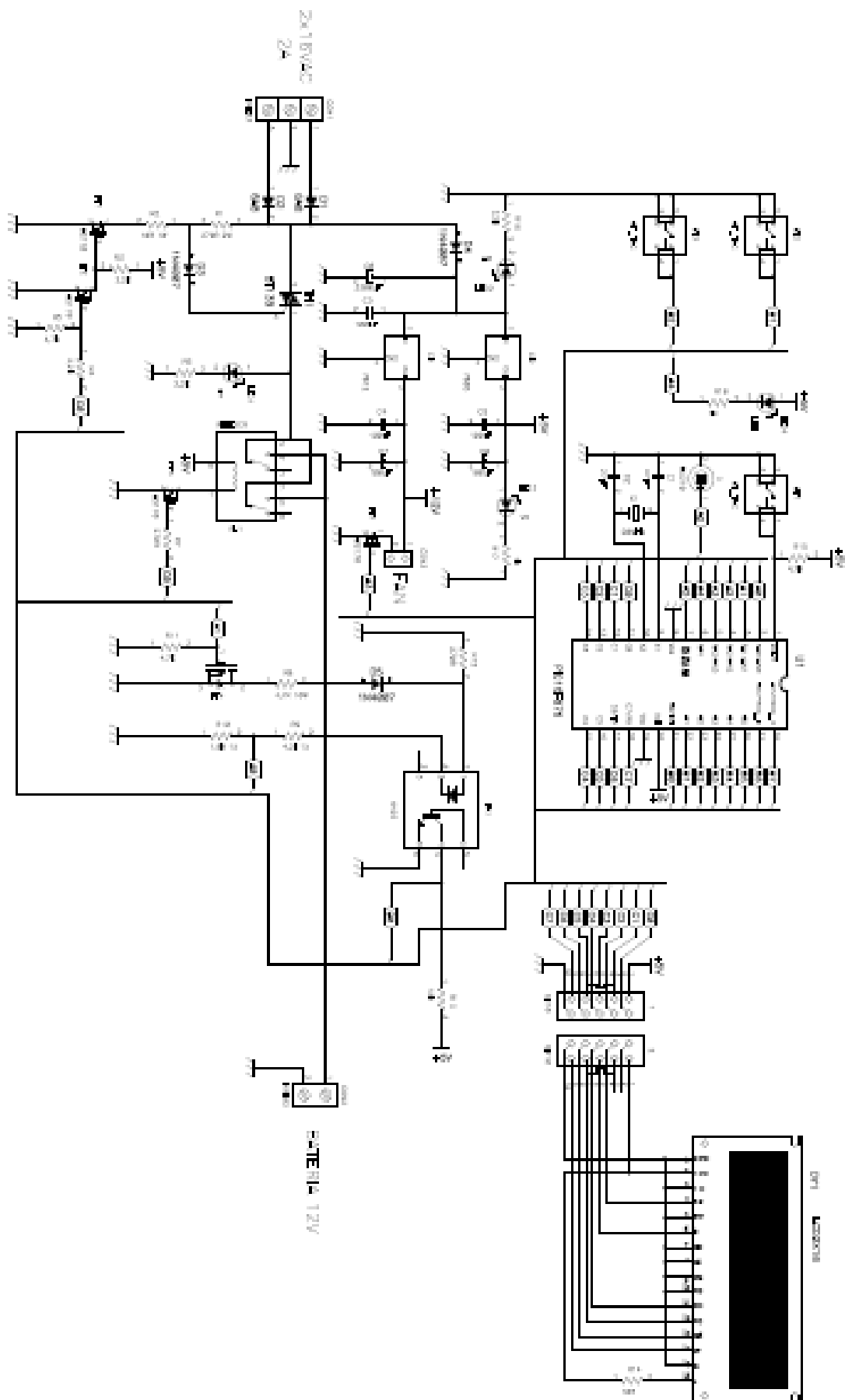


Figura 3. 3 - Circuito completo de monitoração de tensão
Fonte: Pereira 2011

No R13 de 10k é um limitador de corrente que tem a função de manter a tensão no pino 4 do acoplador óptico 4N25, quando a chave do sensor na estiver pressionada. O diodo D5 IN4007 é um retificador de corrente, protegendo a placa contra possíveis inversões de polaridade.

A fonte interna do circuito é feita pelos diodos D3 e D4 IN4007, capacitores eletrolíticos C6 e C4 e os reguladores CI 1 e CI 2N, com entrada de 13,2 Vac e final de 5Vdc. Através de deste componente se realiza a retificação onda completa de Vac para Vdc tensão Vdc passa pelo filtro formados pelos capacitores eletrolíticos. Quando acionado o BT1 e aterrado o pino 1 do microcontrolador, reinicializado o sistema. O buzzer esta ligado na porta 2 do microcontrolado é responsável por produzir os alertas sonoros .

A porta 9 e 10 são do klok externo a porta 20 onde alimenta o PIC16876, as porta 8 e 19 são de aterramento. O pinos C0 e C7 são os de comunicação com o display onde são disponibilizada as informações.

Para verificação do circuito utilizado, as medidas foram realizada com uma bateria de 12V 7A/h. Um microcontrolador envia os comandos e trata os dados, após o acionamento de um botão pelo usuário. Estes botões e o microcontrolador devem ser alimentados por um fonte independente de 5V presente na placa. Na saída de dados, as grandezas medidas de tensão, corrente e potência da bateria, são apresentadas num display LCD.

Nos tópicos seguintes serão mostrados como cada parte do circuito foi desenvolvida.

3.2.1 Segmento do comparador analógico

A pinagem do PIC16F876 difere da pinagem do PIC16F84A, porém, o nome e a função do pino são equivalentes. O PIC16F876 possui também a característica de disponibilizar pinos que possibilitam a entrada de sinais digitais. Este tipo de pino (a exemplo do pino dois RA0/AN0, viabiliza a conversão A/D (conversão do sinal analógico para digital).

O módulo de conversão analógico para digital (A/D) do microprocessador PIC16F876 possui 8 entradas de resolução de 10 bits (Microchip, 2002b). Este módulo é do tipo Dual 35 Slope ADC, que usa um método analógico de carregar um capacitor com uma corrente constante, o tempo requerido por esta carga do capacitor de 0 (zero) até a tensão de entrada do sinal, corresponde ao sinal digital. O tempo de aquisição de um sinal analógico é de

aproximadamente 20 μ s (Microchip, 2002b), sendo que o esquema de conversão de analógico para digital pode ser visualizado na figura 3.4, para que o processo se inicie e necessário o acionamento do botão de verificação de tensão.

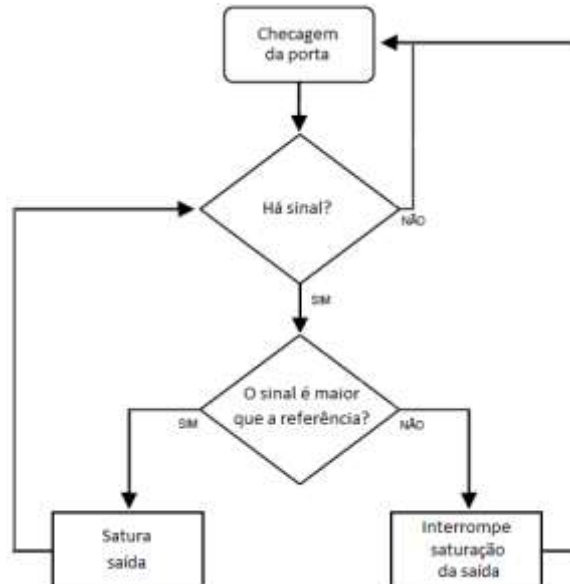


Figura 3. 4 - Diagrama de blocos do comparador analógico
Fonte: Pereira 2011

Desta forma, tem-se uma onda quadrada binária na saída do comparador, de mesma fase que a onda de corrente contínua de entrada. Na figura 3.5 é mostrado o sinal de saída ideal do comparador analógico, enviado a uma das portas do microcontrolador.

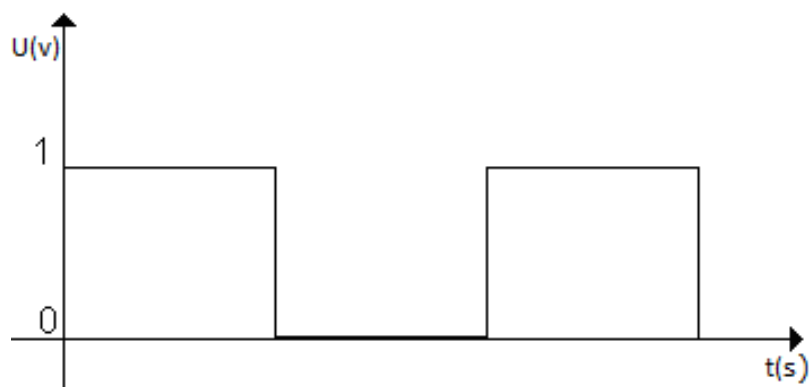


Figura 3. 5 - Saída do comparador analógico
Fonte: Pereira 2011

3.2.2. Sincronismo e reset do microcontrolador

Após estabelecer o sincronismo entre os ciclos de máquina do microcontrolador e as instruções processadas, deve-se utilizar um cristal de sincronismo conectado aos pinos do microcontrolador. Como o cristal utilizado tem uma frequência de 10Mhz (megahertz), é necessário um ciclo de máquina do microcontrolador para executar uma instrução, durando cada microsegundo. O reset pode ser feito quando a porta 1 for aterrada.

3.2.3. Segmento de exibição de dados

Para visualização das informações, há existe no circuito um *display* de cristal líquido que conectado ao circuito por um cabo flex de 14 vias. O software desenvolvido executará os dados recebidos pelo as porta do microcontrolador e são realizados os cálculos para verificação dos valores da tensão corrente e potência da bateria . Cada um destes valores é exibido no *display* e mostrado ao usuário na primeira linha. Na segunda linha, são mostrados a corrente total de curto circuito e tensão a potência em percentual. A figura 3.8 ilustra o segmento de exibição de dados ao usuário.

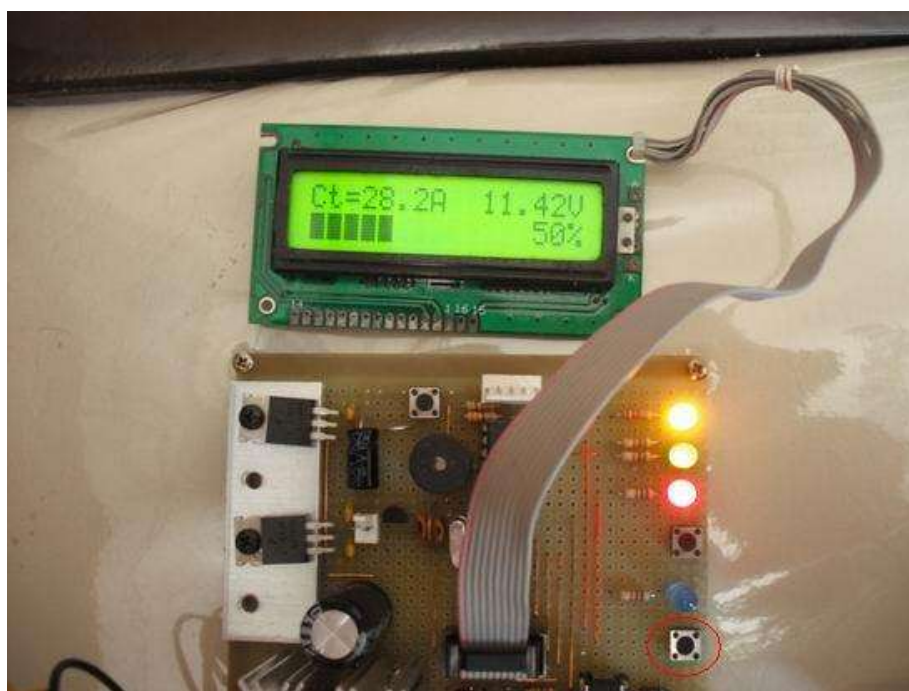


Figura 3. 6 - Segmento de exibição de dados
Fonte: Pereira 2011

3.2.4. Segmento de entrada de dados

Este segmento do circuito é a interface de entrada de dados da bateria. Por meio do botão BT2 acoplados ao circuito, acionado pelo usuário, são obtidos a tensão da bateria, se esta está conectada ou não, no auto teste e feita essa verificação caso negativo será informado bateria ausente, caso positivo se feitos o processamento dos dados e disponibilizado no display de LCD . Isto é feito através dos terminais positivo e negativo, apresentados na figura 3.7. O segmento é composto de 2 resistores R8 E R11 de 5W em paralelo chaveados em curto-circuito por um transistor FET, ligado a por A1 do microcontrolador onde são obtidos os dados da fonte de alimentação . A figura 3.7 ilustra o segmento citado.

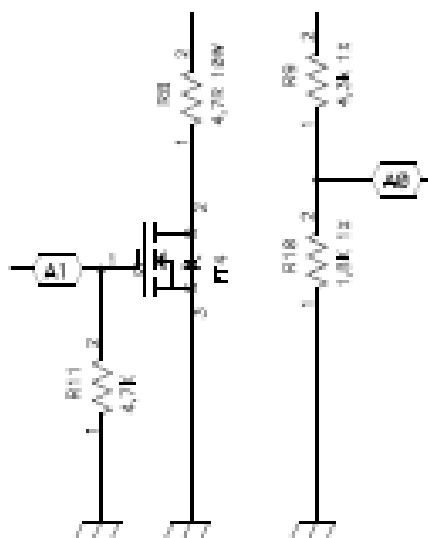


Figura 3. 7 - Segmento de entrada de dados do circuito
Fonte: Pereira 2011

Os botões presentes no circuito são do tipo normalmente fechados. Toda vez que é pressionado um botão, um é sinal enviado o microcontrolador por meio dos pinos A0 e A1, dependendo se o sinal for decremental ou incremental, é interrompido. Estes sinais são tratados pela rotina de programação, inicia o a rotina de teste da fonte de alimentação. A figura 3.8 ilustra o procedimento.



Figura 3.8 – Teste da fonte de alimentação, verifica sua presença
Fonte: Pereira 2011

Se não detecta a presença da fonte de alimenta será informa ao usuário bateria ausente conforme ilustrado pela figura 3.9.



Figura 3.9 – Circuito trabalhado vazio, sem bateria conectada
Fonte: Pereira 2011

3.2.5. Segmento de reinicialização do processo

Este segmento do circuito é responsável pelo a reinicialização do sistema do microcontrolado, esse processo se da com o aterramento da pino 1 do mrocontrolador, pelo acionamento do BT 1 pelo usuário, conforme ilustra a figura 3.9.

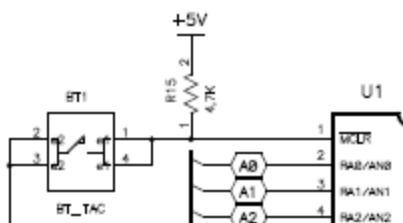


Figura 3.10 – Segmento de reinicialiação do sistema
Fonte: Pereira 2011

O auto teste feito pelo sistema após o acionamento do botão de reinicialização que faz uma verificação das portas de comunicação do display, canal A/D, clock externo e acionado o buzzer que gera um alerta sonoro avisando que o esta configurado o microcontrolador e disponibiliza no display de LCD a mensagem de auto teste, a partir desde momento esta pronto para aferir a fonte de alimentação, conforme ilustra a figura 3.11.



Figura 3. 11 – Auto teste da reinicialização do sistema
Fonte: Pereira 2011

3.2.6. Segmento do microcontrolador

Este é o dispositivo que faz o controle da monitoração da tensão, conseqüentemente, o controle da tensão aplicada à carga. São utilizadas uma porta para entrada e saída de dados. A figura 3.12 ilustra a pinagem do microcontrolador.

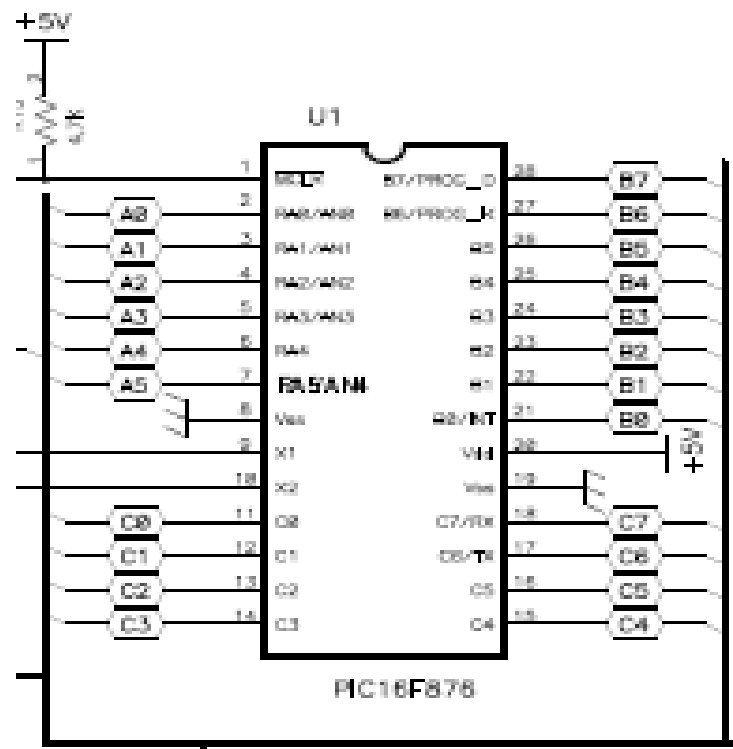


Figura 3.12 - Pinagem do microcontrolador
Fonte: Pereira 2011

Cada dispositivo ligado ao microcontrolador é conectado por meio de um pino ou portas, definidas na rotina de programação.

3.3 Definição dos componentes

3.3.1 Transformador Toroidal Circular

- Responsável pela alimentação do circuito

- Com entrada do enrolamento primário de 110Vac e enrolamento secundário de 13.2Vac;
- perda, a onda circular com uma melhor perfeição;
- O processo se dá por indução;
- Menor relação de perda, chegando até $\pm 95\%$ de aproveitamento;



Figura 3. 13 – Entrada primaria e secundária

3.3.2 Transistor tipo Mosfet-canal "N"

- Responsável pelo chaveamento dos resistores em paralelo de 5W via acoplador óptico a figura 2.11 mostra a estrutura básica do Mosfet canal –N;
- O fechamento e a abertura é controlada pela tensão VGS;
- o nível lógico "1" a VDD e o nível lógico "0";
- NMOS tivermos $V_{GS} = V_{DD}$ então a chave fecha;
- Os disparos são realizados através de um fotoacoplador 4n24;

3.3.3 Acoplador óptico 4N25

- Manda um pulso no gate do fet;
- Baseia-se no princípio de transmissão e recepção ótico;
- Foto transistor TIL 78 transmite e o foto transmissor TIL 32 recebe;

- Resistência de isolamento, é a resistência CC medida entre a saída e entrada;
- Tensão de isolamento.

3.3.4 Capacitor eletrolítico

- O Capacitor 3300nF realiza a supressão dos transientes da rede elétrica vinda transformador (ruídos, ripples);
- Os capacitores menores realizam acoplamento no circuito;

3.3.5 Capacitor cerâmico

- 22 pF forma com o cristal um oscilador um clock externo para o microcontrolador;

3.3.6 Resistor de Filme Carbono

- Podem ser obtidos resistores com valores bem mais precisos (cerca de 1% de tolerância);
- Limitadores de tensão e corrente.

3.3.7 Led – Diodo emissor de luz

- Led vermelho indica que o programa do microcontrolador está funcionando;
- Led verde e amarelo indica a alimentação do circuito;

3.3.8 Clock do microcontrolador

- O clock do microcontrolador é gerado por um conjunto oscilador composto por:
 - 1 cristal de 10.000 Mhz;
 - 2 cerâmicos de 22PF;

3.4 Software de controle

O software desenvolvido em Assembly e C tem como finalidade principal a monitoração da tensão por meio das entradas de dados através das porta do microcontrolador. Também é usado para cálculo do período da tensão contínua, exibição da saída ao usuário por meio do *display* de cristal líquido e leitura dos sinais enviados pelo comparador analógico para controle do ponto de entrada do dispositivo. A figura 3.14 ilustra o diagrama de blocos do software do projeto.

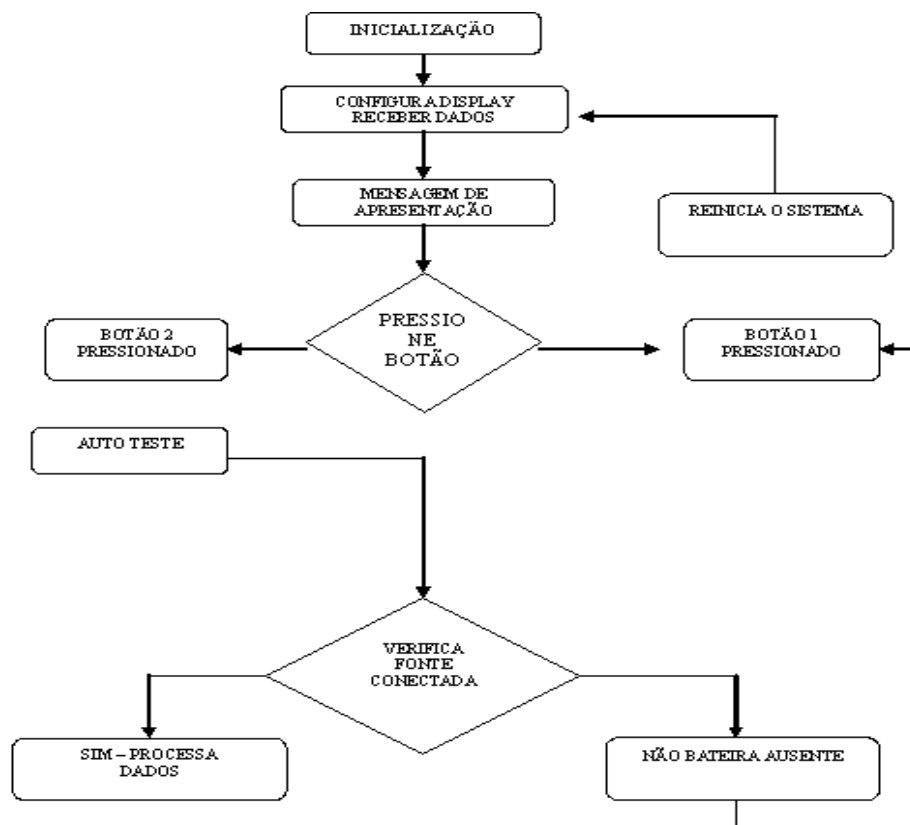


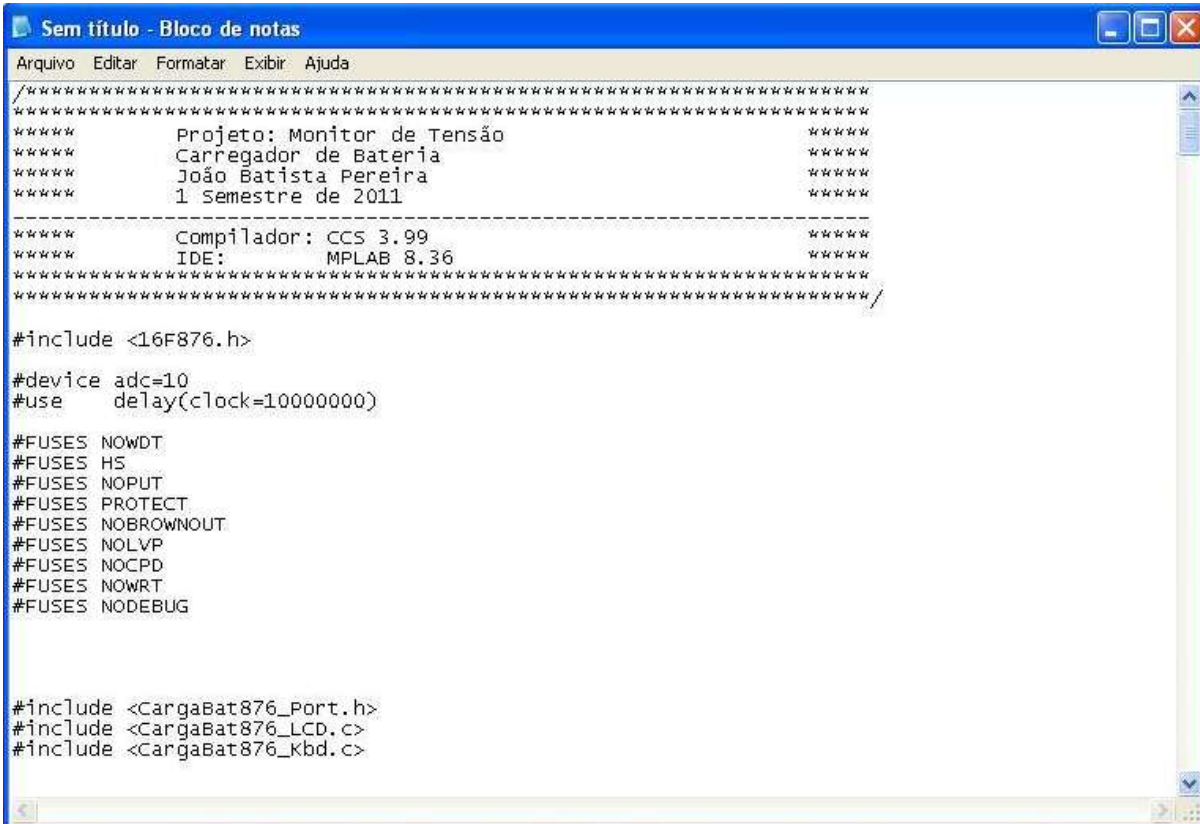
Figura 3. 14 - Diagrama de blocos do software
Fonte: Pereira 2011

Para a programação, foi utilizado DevC++ o editor de textos do Windows . O programa foi gravado no microcontrolador Pic 16F876A via USB usando a porta prog. ISP, o ambiente de desenvolvimento foi o Windows XP.

Ao se ligar o circuito no transformador, a rotina de programação gravada no microcontrolador envia primeiramente sinais de controle para o *display* para que seja preparado para receber dados e instruções. Até este momento, nenhum dado é gravado. Também são habilitadas os pinos 0 e 1 portas para leitura dos sinais enviados pelo comparador analógico e pelo botão incremental, respectivamente, ao mesmo tempo que a porta 3 é preparada para receber os sinais .

A figura 3.15 ilustra o código brevemente comentado, com algumas características importantes dos segmentos do software.

Ao iniciar uma mensagem de apresentação é exibida no *display*, contendo o nome do projeto e a versão do software. Na figura 3.15 é ilustrado o cabeçalho do programa, e suas diretivas.



```

/*****
**** Projeto: Monitor de Tensão ****
**** Carregador de Bateria ****
**** João Batista Pereira ****
**** 1 Semestre de 2011 ****
****
**** Compilador: CCS 3.99 ****
**** IDE: MPLAB 8.36 ****
****
****/

#include <16F876.h>

#define adc=10
#define delay(clock=10000000)

#define FUSES NOWDT
#define FUSES HS
#define FUSES NOPUT
#define FUSES PROTECT
#define FUSES NOBROWNOUT
#define FUSES NOLVP
#define FUSES NOCPD
#define FUSES NOWRT
#define FUSES NODEBUG

#include <CargaBat876_Port.h>
#include <CargaBat876_LCD.c>
#include <CargaBat876_Kbd.c>

```

Figura 3. 15 – Cabeçalho do programa
Fonte: Pereira 2011

E determinada à frequência do clock. Após este período, onde as portas de entrada de dados ainda não estão ativas, é mostrado no *display* uma mensagem a mensagem inicial a tensão inicial e zero.

```
lcd_putc("\f:Garga Bat:  \n");
lcd_putc ("!!Auto Teste!! ");
```

Com esta mensagem, as portas do microcontrolador responsáveis por ler os incrementos e decrementos da tensão, já estão ativas, aguardando a entrada de dados.

```
PORT_A = 0;
PORT_B = 0;
PORT_C = 0;
ZeraVar();
```

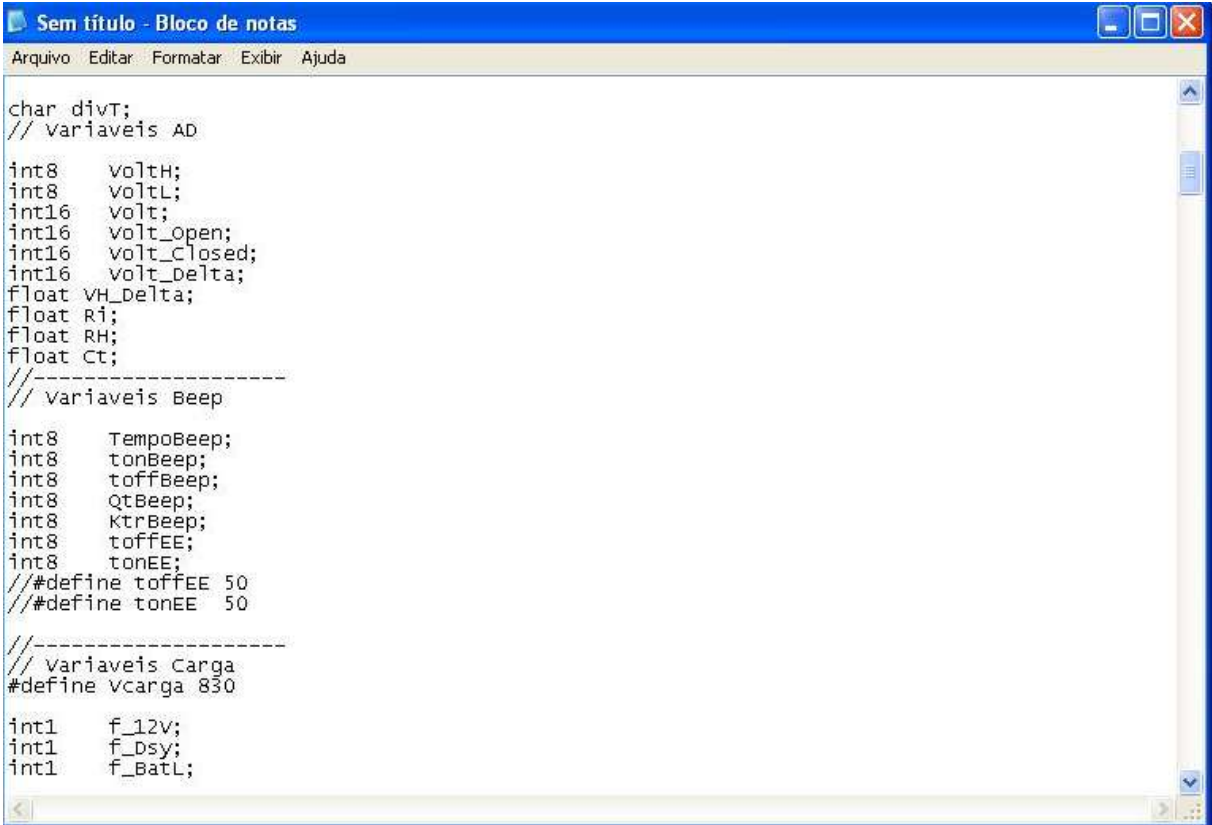
Para cada instrução ou dado enviado ao *display* para exibição há um tempo mínimo para que a instrução seja reconhecida ou o dado escrito. A figura 3.16 ilustra as variáveis que são utilizadas usada nos cálculos da tensão, corrente e potência para que dados sejam reconhecidos e enviados ao display. São estes sinais são utilizados pelo conversor analógico para digital. A variável Volt_Open é a variável de operação da bateria de 12,5 Volts. A Volt_Closed indica o do estado da bateria, a variável Volt_Delta recebe a subtração de Volt_Open pela Volt_Closed. Todas essas variáveis são declaradas como inteiro. A variável float VH_Delta recebe os parâmetros do cálculo da tensão, a variável Ri recebe o cálculo da tensão feita por VH_Delta e através desta é possível calcular a corrente através dos dois resistores em paralelo, que apresentam uma carga de $2,35 \Omega$. A variável Ct é a corrente total de curto-circuito provocado por estes resistores. VoltH,e VoltL são variáveis de conversão analógico para digital . A variável Beep aciona o Buzzer, alertas sonoros de funcionamento, reset, presença de fonte de alimentação e verificação de tensão.

```
int8 VoltH;
int8 VoltL;
int16 Volt;
int16 Volt_Open;
```

```

int16 Volt_Closed;
int16 Volt_Delta;
float VH_Delta;
float Ri;
float RH;
float Ct;

```



```

Sem título - Bloco de notas
Arquivo  Editar  Formatar  Exibir  Ajuda

char divT;
// Variaveis AD

int8    VoltH;
int8    VoltL;
int16   Volt;
int16   Volt_Open;
int16   Volt_Closed;
int16   Volt_Delta;
float   VH_Delta;
float   Ri;
float   RH;
float   Ct;

//-----
// Variaveis Beep

int8    TempoBeep;
int8    tonBeep;
int8    toffBeep;
int8    QtBeep;
int8    KtrBeep;
int8    toffEE;
int8    tonEE;
//#define toffEE 50
//#define tonEE 50

//-----
// Variaveis Carga
#define vcarga 830

int1    f_12V;
int1    f_Dsy;
int1    f_BatL;

```

Figura 3. 16 – Variáveis do programa
Fonte: Pereira 2011

O *display* não entende os dados na forma de linguagem humana. Para que sejam gravados e exibidos, deve se converter os sinais enviados pelo microcontrolador em uma forma que o *display* os entenda e os apresente de forma compreensível. Para tanto, deve-se converter os valores em código Binário, utilizada para representar os números decimais de 0 a 1.

```

//-----
// Variáveis Carga
#define vcarga 830

int1    f_12v;
int1    f_Dsy;
int1    f_BatL;
int1    f_BatF;
int1    f_BatPzt;
int1    f_BatPre;
int1    f_Start;
int1    f_SsF;
int1    f_SsB;
int1    f_Flut;
int1    kn;

int8    m_Tp10;
int8    m_VBatDs;
int8    m_VBatSb;
//int8   m_VBatTp;
int8    j;
int8    m_SsB;

int16   m_AtzBat;
int16   m_Tp1;

//-----
// Variáveis Display
int1    f_Display;
int8    TempoMsg;
int8    PP;
#define Barr 0xFF

//-----

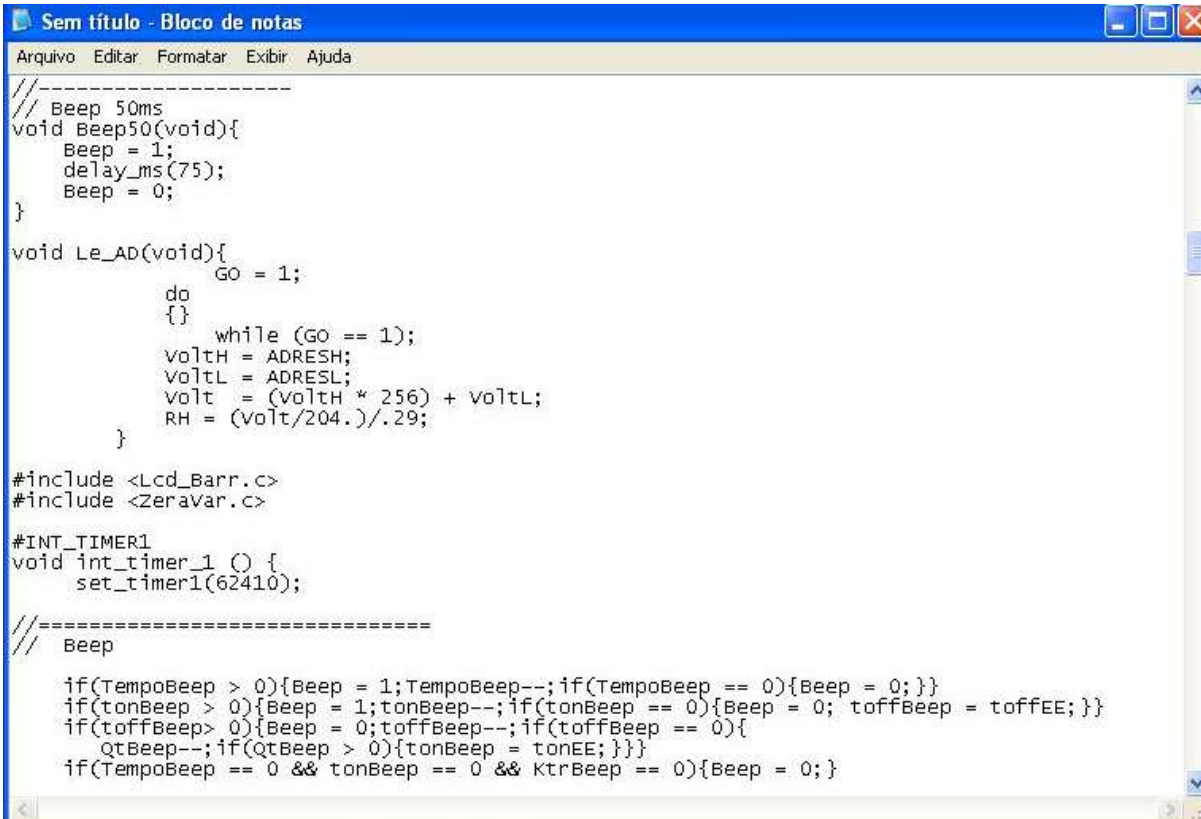
```

Figura 3. 17 – Variáveis do Programa e do display
Fonte: Pereira 2011

A figura 3.17 ilustra as rotinas para gravação e exibição de dados requeridos no display. Conforme dito anteriormente, o display precisa de um determinado tempo para interpretar as instruções e os dados. Estes tempos são tratados de maneiras diferenciadas, de acordo com a natureza das requisições, instruções ou dados.

O display de LCD (Liquid Cristal Display) possui dezesseis pinos sendo que oito deles são para o tráfego dos dados que são escritos, dois para alimentação, um para o controle do contraste, um para habilitar o recebimento de sinais, um para informar ao display se nele será feito uma leitura ou escrita de dados.

- Pino 6: habilitar ou desabilitar o recebimento de sinais.
- Pino 5: tem a função de informar ao display se é enviado um dado.
- Pino 4: é responsável por informar ao display se a ele é enviado um dado ou uma configuração. Nele é habilitado à recepção de dados que aparece no display.



```

//-----
// Beep 50ms
void Beep50(void){
    Beep = 1;
    delay_ms(75);
    Beep = 0;
}

void Le_AD(void){
    GO = 1;
    do
    {}
    while (GO == 1);
    VoltH = ADRESH;
    VoltL = ADRESL;
    Volt = (VoltH * 256) + VoltL;
    RH = (Volt/204.)/.29;
}

#include <Lcd_Barr.c>
#include <Zeravar.c>

#INT_TIMER1
void int_timer_1 () {
    set_timer1(62410);
}

//=====
// Beep

if(TempoBeep > 0){Beep = 1;TempoBeep--;if(TempoBeep == 0){Beep = 0;}}
if(tonBeep > 0){Beep = 1;tonBeep--;if(tonBeep == 0){Beep = 0; toffBeep = toffEE;}}
if(toffBeep > 0){Beep = 0;toffBeep--;if(toffBeep == 0){
    QtBeep--;if(QtBeep > 0){tonBeep = tonEE;}}}
if(TempoBeep == 0 && tonBeep == 0 && KtrBeep == 0){Beep = 0;}

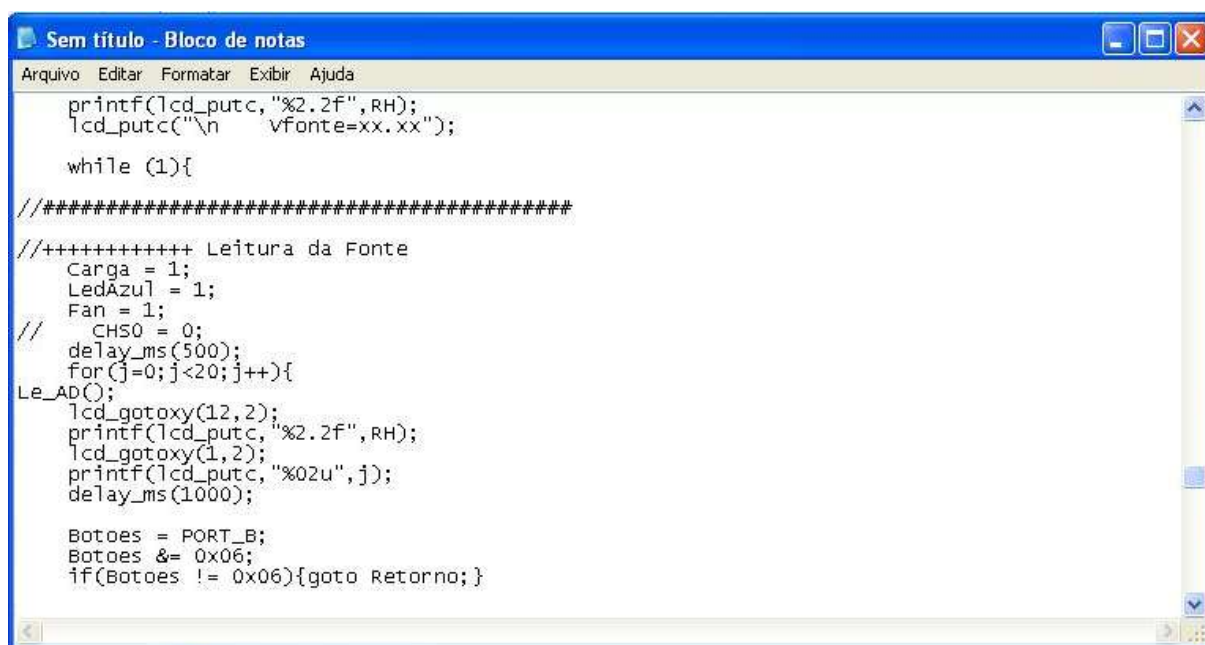
```

Figura 3. 18 – Leitura da tensão

Fonte: Pereira 2011

O controle de passagem da tensão pelo zero é mostrado na figura 3.18. Lê-se a porta referente aos sinais enviados pelo comparador analógico ao microcontrolador, interpretando o sinal recebido. Desta forma, ao primeiro comando do usuário, o microcontrolador, assim o incremento ou decremento usando os pinos (input / output) da porta cujos bits RA0 a RA3 e RA5 podem alternadamente serem utilizados para a entrada analógica.

Basicamente a rotina irá lê a porta do microcontrolador referente ao comparador analógico até que um sinal seja percebido nesta porta, ou seja, até encontrar o ponto de mudança de zero para um. Essa rotina verifica a presença da fonte de alimentação, alertando por aviso sonoro. A variável ADCON0 é responsável pelo controle de analógico para digital



```

Sem título - Bloco de notas
Arquivo  Editar  Formatar  Exibir  Ajuda

printf(lcd_putc, "%2.2F", RH);
lcd_putc("\n      vfonte=xx.xx");

while (1){

//#####
//+++++++ Leitura da Fonte
  Carga = 1;
  LedAzul = 1;
  Fan = 1;
//  CH50 = 0;
  delay_ms(500);
  for(j=0; j<20; j++){
Le_AD();
  lcd_gotoxy(12,2);
  printf(lcd_putc, "%2.2F", RH);
  lcd_gotoxy(1,2);
  printf(lcd_putc, "%02u", j);
  delay_ms(1000);

  Botoes = PORT_B;
  Botoes &= 0x06;
  if(Botoes != 0x06){goto Retorno;}

```

Figura 3. 19 – Leitura da fonte de alimentação
Fonte: Pereira 2011

A figura 3.19 ilustra a verificação da fonte de alimentação (bateria), e acionamento do led vermelho que indica o funcionamento do programa.



```

Sem título - Bloco de notas
Arquivo  Editar  Formatar  Exibir  Ajuda

|

    Le_AD();
    delay_ms(100);

    if(Volt<60){
      lcd_putc("\n! Sem Bateria !!");
      delay_ms(5000);
    }
    else{
      Volt_Open = Volt;
      R10R = 1;
      delay_ms(3000);
      Le_AD();
      delay_ms(100);
      R10R = 0;
      Volt_Closed = Volt;
      Volt_Delta = Volt_Open - Volt_Closed;
      VH_Delta = (Volt_Delta/204.)/.29;
      R1 = VH_Delta / 2.35;
      Ct = 12./R1;

```

Figura 3. 20 – Verificação do estado da bateria
Fonte: Pereira 2011

Faz a verificação da bateria , retornado à tensão, corrente e potência em percentual. Através da leitura do canais de conversão de analógico para digital. Neste trecho se encontra o calculo das grandezas elétrica. A variável C_t é a corrente de total de curto circuito.

3.5 Testes

Neste tópico, são tratados os testes realizados com o projeto. Com o circuito elaborado alguns testes foram realizados a fim de verificar a eficiência do circuito. A figura 3.20 ilustra o protótipo montado.

- Transformador toroidal responsável pela alimentação do circuito.
- Circuito onde é feito a verificação da presença da fonte de alimentação e os cálculos do estado da bateria.
- Display de cristal liquido onde são informada a tensão, corrente e potência, mensagem inicial, presença ou não de bateria.
- Bateria de 12V onde está armazenada a energia de acordo com a mudança na química interna, provocada por uma mudança na configuração do circuito externo.

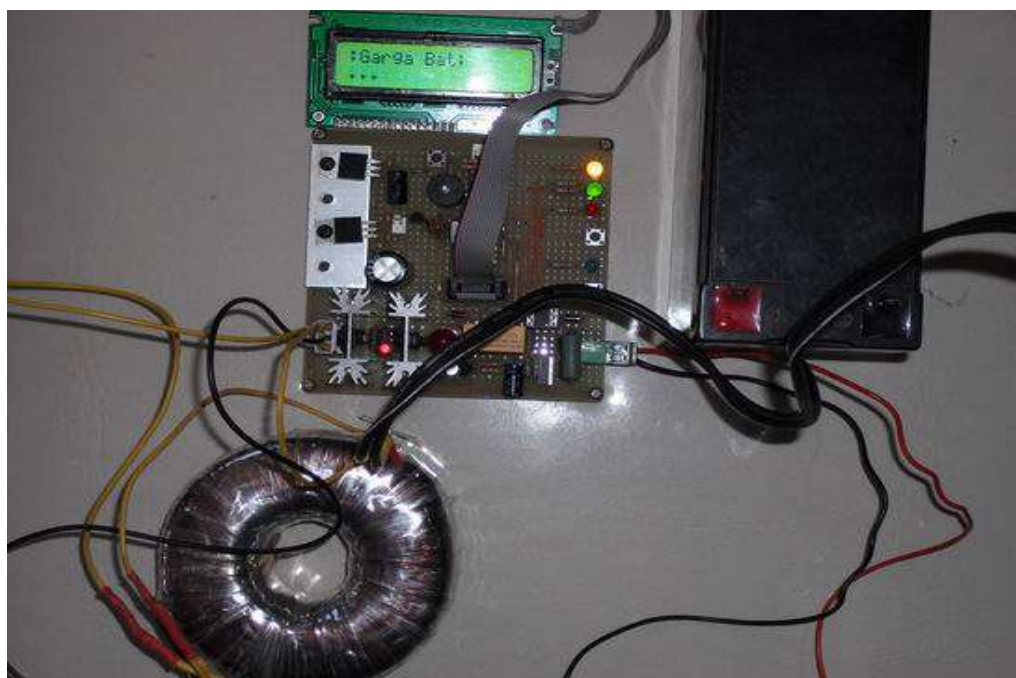


Figura 3. 20 – Projeto Completo
Fonte: Pereira 2011

Ao se ligar o circuito em uma rede de alimentação de 110 volts, ocorre a retificação em onda completa de Vac p/ Vdc assim a tensão passa por um filtro de 3300 μ Fx35Vdc, a tensão é regulada para 5Vdc, necessária para funcionamento do PIC 18F678.

Ao se acionar o botão de teste do circuito uma mensagem de teste é exibida no display. A tensão da fonte é enviada para a bateria através dos chaveadores de tensão via acoplamento óptico BT138. Os resistores de potência de 5W de fio em paralelo são chaveados em curto circuito na bateria, através do transistor Fet para ter a leitura da corrente total da bateria. Em seguida, inicia a fase de verificação da tensão da bateria;

$$V_{open} = 12,5 \text{ V}$$

$$12,5\text{V} + R_i \times I + R_g \times I = 0 \quad (I \text{ Corrente Circulante, } R_g \text{ Resistor Geral})$$

$$R_g = 4,75R // 4,75R = 2,35\Omega$$

$$I = V_g / 2,35 = R$$

$$C_t = V_{open} / R_i \text{ sendo } (\text{Corrente total do curto circuito})$$

Na figura 3.21 é mostrada a mensagem de teste de carga pelo acionamento do botão de verificação de tensão.



Figura 3. 21- Mensagem de apresentação
Fonte: Pereira 2011

Após a exibição da mensagem de teste, o programa exibe no *display*, uma mensagem com os dados da fonte de alimentação.



Figura 3. 22 - Mensagem de feedback
Fonte: Pereira 2011

Na figura 3.22 ilustra tensão, corrente e potência da bateria.

CAPITULO 4 - CONCLUSÃO

Neste projeto, foi desenvolvido e testado, um protótipo acadêmico para o monitoração de tensão de baterias de 12V. Para isso, foram implementados software e hardware para obtenção das informações do estado desta bateria. Este projeto trouxe um ganho significativo de conhecimento sobre os materiais utilizados para confecção do hardware como: microcontrolador PIC16F876, bateria, tiristores, transistores, display LCD 2X16, push buttons, resistores, capacitores e nas linguagens de programação C e Assembly que foram utilizadas.

O sistema inicialmente, foi testado com uma bateria com 50% de carga. Com um funcionamento constante, o sistema está sempre pronto para receber uma nova opção de comando disponível através do acionamento dos botões presentes na placa, sendo informado através do display de LCD. É necessário o acionamento dos botões pelo usuário, sempre que uma bateria for conectada, pois sistema não faz essa verificação automaticamente.

O projeto apresentou algumas dificuldades, como a utilização da placa de fenolite na montagem dos componentes, devido a presença de maus contatos e dificuldade em conexão dos fios, para a soldagem dos componentes. O resultado final do projeto foi satisfatório alcançando os resultados esperados na medição da tensão. A aplicação de deste protótipo está limitada a bateria de 12V, chumbo selada 7A/h. O protótipo pode ser facilmente transportado e manuseado, podendo trazer para seus usuários, benefícios no teste de aferição da bateria. . Neste circuito, não podem ser utilizadas outra formas de bateria, de maior corrente ou tensão, pois podem causar avarias no circuito. O circuito foi testado com multímetro e verificou-se variação em torno de $\pm 8\%$, o que pode ser considerada uma margem tolerável.

Desta forma, o projeto mostrou-se satisfatório no seu propósito, funcionando como um sistema para verificação de bateria, possuindo um hardware de simples implementação e

baixo custo. Para trabalhos futuros, sugere-se o controle do sistema remotamente, aumento da precisão na aferição, pela modificação do hardware e expansão para outros modelos de bateria

Referências Bibliográficas

Linden, D. Handbook of Batteries. 3. ed. Nova Iorque, EUA: McGRAW-HILL INC.,1995.

Park, S.; Srivastava, M. B. Dynamic battery state aware approaches for improving battery utilization. In: CASES '02: Proceedings of the 2002 international conference on Compilers, architecture, and synthesis for embedded systems. New York, NY, USA: ACM Press, 2002. p. 225–231. ISBN 1-58113-575-0.

Benini, L. et al. Discharge current steering for battery lifetime optimization. Computers, IEEE Transactions on, v. 52, n. 8, p. 985–995, Agosto 2003.

Dorf, Ricardo C. & Svaboda, James A. Introdução aos Circuitos Elétricos. Rio de Janeiro Ed. LTC; 2001.

Benini, L. et al. Battery-driven dynamic power management. Design & Test of Computers, IEEE, v. 18, n. 2, p. 53–60, Março-Abril 2001.

Dorf, Ricardo C. & Svaboda, James A. Introdução aos Circuitos Elétricos. Rio de Janeiro Ed. LTC; 2001.

Medeiros Filho, Sólton de. Medição de energia elétrica. 4ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1997.

Quevedo, Carlos Peres. Circuitos elétricos e eletrônicos, 2ª edição; 2000.

Sala de Física, Transformador, disponível em: <http://br.geocities.com/saladefisica7/funciona/transformador.htm>. Acesso em 22 de Maio de 2011.

Torres, Gabriel. Fundamentos de Eletrônica, Ed. do Brasil; 2002.

Powers, R. Batteries for low power electronics. Proceedings of the IEEE, v. 83, n. 4, p. 687–693, Abril 1995.

Crossbow Technology Inc. MPR-MIB Users Manual. San Jose, Califórnia, EUA, Junho 2006. Revisão B. Disponível em: <www.xbow.com>.

Crossbow Technology Inc. MICA2 AA Battery Pack Service Life Test. San Jose, Califórnia, EUA, 2004. Disponível em: <www.xbow.com>.

Johnson, D. E., Hilburn, J. L., & Johnny, J. R. (1994). Fundamentos de Análise de Circuitos Elétricos (4ª ed.). (O. d. Martins, & M. A. Moreira de Santis, Trans.) Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Prentice-Hall do Brasil.

Coelho, Kefas Damazio. Estudo de uma Fonte Ininterrupta de Corrente Contínua de Baixa Potência Gerenciada por um Microcontrolador. Florianópolis, 2001. Tese de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC.

Microcontrollers PIC16F87X Datasheet. The Microchip Worldwide Site. Disponível em <http://www.microchip.com> Acessado em 07 de Abril de 2011.

Tipler, P. A., & Mosca, G. (2006). Física para cientistas e engenheiros (Vol. II). (F. R. da Silva, & M. S. Neto, Trans.) Rio de Janeiro, RJ, Brasil: LTC.

SILVA JÚNIOR, Vidal Pereira da. **Microcontroladores**. São Paulo: Érica; 1998.

SOUZA, David José de; LAVÍNIA, Nicolás César. **Conectando o PIC 16F877A: recursos avançados**. São Paulo: Érica, 2003.

PEREIRA, Fábio. **Microcontroladores PIC: programação em C**. São Paulo: Érica, 2003.

Etelg disponível em:

<http://www.etelg.com.br/downloads/eletronica/cursos/Aulas/Aula015.html#inicio>:

Acesso em 15 de Maio de 2011.

Eletrônica.org, disponível em: <http://www2.eletronica.org/artigos> Acesso em 10 de Maio de 2011.

Maciel, Fernando de Melo. Circuito para Regulagem de Potência Utilizando Tiristores TRIAC e Microcontrolador 8051. Brasília, 2010, Centro Universitário de Brasília - UniCEUB.

APÊNDICE 1 – CÓDIGO FONTE DO SOFTWARE DE MONITORAÇÃO DE TENSÃO

```

/*****
*****

*****      Projeto: Monitor de Tensão      *****
*****      Carregador de Bateria          *****
*****      João Batista Pereira           *****
*****      1 Semestre de 2011             *****

-----
*****
*****/

#include <16F876.h>

#define adc=10
#define delay(clock=10000000)

#define FUSES NOWDT
#define FUSES HS
#define FUSES NOPUT
#define FUSES PROTECT
#define FUSES NOBROWNOUT
#define FUSES NOLVP
#define FUSES NOCPD
#define FUSES NOWRT
#define FUSES NODEBUG

#include <CargaBat876_Port.h>
#include <CargaBat876_LCD.c>
#include <CargaBat876_Kbd.c>

```

```

char divT;
// Variaveis AD

int8  VoltH;
int8  VoltL;
int16 Volt;
int16 Volt_Open;
int16 Volt_Closed;
int16 Volt_Delta;
float VH_Delta;
float Ri;
float RH;
float Ct;
//-----
// Variaveis Beep

int8  TempoBeep;
int8  tonBeep;
int8  toffBeep;
int8  QtBeep;
int8  KtrBeep;
int8  toffEE;
int8  tonEE;
//#define toffEE 50
//#define tonEE 50

//-----
// Variaveis Carga
#define Vcarga 830

int1  f_12V;
int1  f_Dsy;
int1  f_BatL;
int1  f_BatF;
int1  f_BatPzt;

```

```

int1  f_BatPre;
int1  f_Start;
int1  f_SsF;
int1  f_SsB;
int1  f_Flut;
int1  kn;

int8  m_Tp10;
int8  m_VBatDs;
int8  m_VBatSb;
//int8  m_VBatTp;
int8  j;
int8  m_SsB;

int16 m_AtzBat;
int16 m_Tp1;

//-----
// Variaveis Display
int1  f_Display;
int8  TempoMsg;
int8  PP;
#define  Barr 0xFF

//-----
// Beep 50ms
void Beep50(void){
    Beep = 1;
    delay_ms(75);
    Beep = 0;
}

void Le_AD(void){
    GO = 1;
    do

```

```

    {}
    while (GO == 1);
    VoltH = ADRESH;
    VoltL = ADRESL;
    Volt = (VoltH * 256) + VoltL;
    RH = (Volt/204.)/.29;
}

#include <Lcd_Barr.c>
#include <ZeraVar.c>

#INT_TIMER1
void int_timer_1 () {
    set_timer1(62410);

//=====
// Beep

    if(TempoBeep > 0){ Beep = 1;TempoBeep--;if(TempoBeep == 0){ Beep = 0;}}
    if(tonBeep > 0){ Beep = 1;tonBeep--;if(tonBeep == 0){ Beep = 0; toffBeep =
toffEE;}}
    if(toffBeep> 0){ Beep = 0;toffBeep--;if(toffBeep == 0){
        QtBeep--;if(QtBeep > 0){tonBeep = tonEE;}} }
    if(TempoBeep == 0 && tonBeep == 0 && KtrBeep == 0){ Beep = 0;}

//-----

    if(divT-- == 0){
        divT =5;
        Life = !Life;
//    LedFull =!LedFull;
        if(TempoMenu>0){TempoMenu--;
            if (TempoMenu == 0){
                f_Display = 1;Menu = 0;prg = 0;}
            }

```

```

        if(TempoMsg>0){TempoMsg--;if(TempoMsg==0){f_Display=1;}}
    }
    if (--tecSaver == 0){
        tecSaver = 500;
        f_tecla = 1;
        new_key = 'B';
    }
}

```

```

void main(void)
{
    //main
    setup_adc_ports(AN0);
    setup_adc(ADC_CLOCK_DIV_32);
    setup_spi(FALSE);

    setup_timer_1(T1_INTERNAL|T1_DIV_BY_8);
    // int 100Hz > 10MHz/4/8/100 = 3125
    // 65535-3125=62410
    set_timer1(62410);
    divT = 5;
    enable_interrupts(INT_TIMER1);

    set_tris_A(TRIS_A_INIT);
    set_tris_B(TRIS_B_INIT);
    set_tris_C(TRIS_C_INIT);

    port_b_pullups(true);
}

```

Retorno:

```

PORT_A = 0;
PORT_B = 0;
PORT_C = 0;

```

```

ZeraVar();

// 12345678901234567890
// <Carga> Vbat = xx.xx
// xx Vfonte = xx.xx

// Configura AD
ADCON0 = 0b10000001;
// TAD = 32 (20MHz) => 010
// Select AN0    => 000
// GO            => 0 (comando via soft)
// Liga conversor => 1

ADCON1 = 0b10001110;
// right JUST    => 1
// TAD            => 0
// A0,A1,A3 = ANA => 0100

// Leitura do sensor Bat

Fan = 1;
delay_ms(300);
Fan = 0;
// lcd_gotoxy(1,2);
// lcd_putc("      ");

// Select ANA0
CHS0 = 0;
CHS1 = 0;
CHS2 = 0;
Carga = 0;
// delay_ms(300);
enable_interrupts(GLOBAL);

```

```

//      while (1){

    lcd_init();
    delay_ms(100);

    lcd_putc("\f:Garga Bat:  \n");
    lcd_putc ("!!Auto Teste!! ");
        delay_ms(1000);
    do{
        lcd_putc("\n!Soltar tecla!! ");
        Botoes = PORT_B;
        Botoes &= 0x06;
    }
    while(Botoes != 0x06);

    lcd_putc("\n...      ");
    delay_ms(1000);

        while (1){
            if(InvertBat == 0){
                do{
                    lcd_putc("\f<<<< ALERTA >>>>\n");
                    delay_ms(500);
                }
                while(InvertBat == 0);
                delay_ms(1000);
                lcd_putc("\f:Garga Bat:  \n");
                lcd_putc ("...      ");
            }
            delay_ms(1);
            if(f_Display == 1){
                f_Display = 0;
                lcd_gotoxy(13,1);
                lcd_putc("\f:Garga Bat:  \n");
                lcd_putc ("...      ");
            }
        }
    }
}

```



```

        Ct=XX.XA  xx.xxV
        ##### 100%

*/

    lcd_gotoxy(1,1);
    lcd_putc("Ct=");
    printf(lcd_putc,"%2.1f",Ct);
    lcd_putc("A  ");
    lcd_gotoxy(11,1);
    printf(lcd_putc,"%2.2f",RH);
    lcd_putc("V");
    BarraLCD(2);
    Beep50();
}
break;
case 0x02:
    lcd_putc("\nRotina de Carga.");
    Fan = 1;
    delay_ms(500);
    Fan = 0;
    lcd_putc("\n          ");
    goto InicioCarga;
break;
} //sw
} // debounce
} // debounce
} //kb_down ==1
} //while

#####

//+++++++ Leitura da Fonte
    Carga = 1;
    LedAzul = 1;
    Fan = 1;
//    CHS0 = 0;
    delay_ms(500);

```

```

    for(j=0;j<20;j++){
Le_AD();
    lcd_gotoxy(12,2);
    printf(lcd_putc,"%2.2f",RH);
    lcd_gotoxy(1,2);
    printf(lcd_putc,"%02u",j);
    delay_ms(1000);

    Botoes = PORT_B;
    Botoes &= 0x06;
    if(Botoes != 0x06){goto Retorno;}
    }
//+++++++ Leitura da Bateria
    Carga = 0;
//  CHS0 = 0;
    lcd_gotoxy(12,1);
    lcd_putc("  ");
    delay_ms(1000);
Le_AD();
    lcd_gotoxy(12,1);
    printf(lcd_putc,"%2.2f",RH);
    lcd_gotoxy(1,2);
    lcd_putc(" ");
    lcd_gotoxy(12,2);
    lcd_putc(" off ");

    delay_ms(2000);
    if(Volt > Vcarga){
    lcd_gotoxy(1,2);
    lcd_putc("Carga Completa!!");
    LedFull = 1;
    Fan    = 0;
    LedAzul = 0;
    toffEE  = 60;    // pausa
    tonBeep = 40;    // duração

```

```

    tonEE  = tonBeep;
    qtBeep = 5;    // nr de Beep
    do{
        delay_ms(1000);
Le_AD();
        lcd_putc("\f...  Vbat=");
        lcd_gotoxy(12,1);
        printf(lcd_putc,"%2.2f",RH);
        lcd_putc("\n<Flutuacao.... >");
        Botoes = PORT_B;
        Botoes &= 0x06;
        if(Botoes != 0x06){ goto Retorno;}
        }
        while(Volt > 710);
        }
        if(Volt < 60){
            lcd_putc("\f:Garga Bat:  \n");
            lcd_putc ("Sem Bateria  ");
            LedFull = 0;
            Fan = 0;
j = 0;
kn = 0;
n = 0;
do{
    do{
        if( kn == 1)
            {lcd_putc("\nSem Bateria  ");j = 0;
            n++;
            if( n==5 )n = 0;
            if( n == 0){
                lcd_gotoxy(13,2);lcd_putc("  ");}
            else{
                lcd_gotoxy(12+n,2);lcd_putc(".");}
            }
        else lcd_putc("\n  ...  ");

```

```

    delay_ms(1000);
    Botoes = PORT_B;
    Botoes &= 0x06;
    if(Botoes != 0x06){goto Retorno;}
Le_AD();
    kn = 1;
    }
    while(Volt < 60);
j++;
kn = 0;
delay_ms(1000);
}
while(j<2);
    LedFull = 0;
    Fan = 1;
    lcd_gotoxy(1,2);
    lcd_putc("Bateria presente");
    delay_ms(2000);
    lcd_gotoxy(1,2);
    lcd_putc("Inicio de Carga ");
    delay_ms(2000);
    lcd_putc("\fCarga:Vbat=");
    RH = (Volt/204.)/.29;
    lcd_gotoxy(12,1);
    printf(lcd_putc,"%2.2f",RH);
    lcd_putc("\n  Vfonte=");
    }
} //while
} //main

```